

Aleksi Niemelä

# Rautatiehankkeen loppudokumentoinnin kehittämis- ja selvitystyö





Alexi Niemelä

# Rautatiehankkeen loppudokumentoinnin kehittämis- ja selvitystyö

Opinnäytetyö 8/2018

Liikennevirasto

Helsinki 2018

*Kannen kuva: Aleksi Niemelä*

Verkkojulkaisu pdf ([www.liikennevirasto.fi](http://www.liikennevirasto.fi))

ISSN 2343-1741

ISBN 978-952-317-596-9

Liikennevirasto

PL 33

00521 HELSINKI

Puhelin 0295 34 3000

**Aleksi Niemelä: Rautatiehankkeen loppudokumentoinnin kehittämis- ja selvitystyö.** Liikennevirasto, kunnossapito-osasto. Helsinki 2018. Opinnäytetyö 8/2018. 43 sivua ja 8 liitettä. ISSN 2343-1741, ISBN 978-952-317-596-9.

**Avainsanat:** rautatiet, hankkeet, dokumentointi

## Tiivistelmä

Liikenneviraston ja VR Track Oy:n tilauksesta laadittiin opinnäytetyö, jossa tarkasteltiin Liikenneviraston loppudokumenteissa vaatimia toteumapiirustuksia ja -mallia. Toteuma-piirustukset ja -malli kertovat kuinka rakenne on tehty ja todennetaan tehtyä laatua. Tällä hetkellä toteumapiirustusten laadintaohjeistus on hajonnut useaan eri dokumenttiin, jotka on laadittu vastaamaan aikansa vaatimuksia. Hajanaisen tiedon takia tarvittava tieto ei saavuta käyttäjää vaan toteumapiirustukset ovat hyvin pitkälti teki-jänsä näköisiä eivätkä välttämättä palvele jatkokäyttäjää tai laadunvarmistusta. Toteumamallintamista ohjeistavat Yleiset inframallivaatimukset, jotka ovat rautatiehankkeen kannalta liian yleisellä tasolla. Tämän takia laadukasta mallintamista on vaikea tehdä. Opinnäytetyön tarkoituksena oli kerätä toteumapiirustuksiin ja -malliin liittyvää tietoa monesta lähteestä yhteen julkaisuun ja näin helpottaa sekä yhtenäistää dokumenttien tekoa.

Työ sisältää kirjallisuuskatsauksen, haastatteluja ja empiirisen osan. Kirjallisuuskatsauksessa on käyty läpi loppudokumentointia koskevia julkaisuja ja kerätty niistä toteumapiirustuksia ja -mallia koskevia asioita. Haastatteluissa on kysytty kunnossapitäjältä ja suunnittelijalta, mitä he tarvitsisivat lähtötiedoiksi rakennetusta rakenteesta ja mitä ongelmia on havaittu toimitetuissa toteumatiedoissa. Empiirisessä osassa on kerätty havaintoja Ylivieska–Tuomioja -radan perusparantamisen, Oriveden ja Sisätön liikennepaikkojen korjaamisen toteumapiirustusten teosta ja Rantaradan km 175–181 pohjanvahvistusten toteumamallintamisesta. Empiirisen osan toteumapiirustukset ja -malli on tehty vuosien 2016–2017 aikana.

Työssä havaittiin, että työmaalta toimitetaan usein pdf-muodossa olevia kuvia ja taulukoita, jotka ovat toteumadokumenttien teossa vaikeasti hyödynnettäviä tai lähes käyttö-kelvottomia. Monisivuisista taulukoista on myös vaikea todentaa laatua. Työmaalta saa-duissa piirustuksissa muutokset olivat usein merkitty punakynällä tai pdf-työkalulla tehdyillä viiteviivoilla, jolloin niiden tarkasta sijainnista, koosta tai muodosta ei ollut mitään tietoa. Alkuperäisessä muodossa olevaa mittaustietoa oli harvoin saatavilla. Alkuperäisen mittaustiedon puuttuessa toteutuneesta rakenteesta hukattiin valtavasti tietoa. Toteumatietoa ei aina saatu lähtötiedoksi, jolloin kunnossapidon oli vaikea korjata esimerkiksi ratapengertä tai rumpuja alkuperäistä vastaaviksi. Rakenteet tehtiin tiedon puuttuessa parhaaksi nähdyllä tavalla.

Toteumapiirustusten laadinnasta ja sisällöstä tehtiin opinnäytetyössä esitetty ohjeistus, Yleisissä inframallivaatimuksissa esitettyjä mallivaatimuksia on tarkasteltu rautatiehankkeen näkökulmasta, ja toteumatiedon muodosta, sisällöstä ja käytöstä on kerätty havaintoja. Havainnoista kävi ilmi, että Liikenneviraston arkisto ei pysty ottamaan toteumamallia vielä vastaan, mutta asian korjaamiseksi on käynnissä hanke, toteumatiedossa oli samanlaisia puutteita urakoitsijasta ja hankkeesta riippumatta, ja toteumatietoa ei aina saatu uusien hankkeiden lähtötiedoksi.

**Alexi Niemelä: Utvecklings- och utredningsarbete för slutdokumentation av järnvägsprojekt.** Trafikverket, drift och underhåll. Helsingfors 2018. Lärdomsprov 8/2018. 43 sidor och 8 bilagor. ISSN 2343-1741, ISBN 978-952-317-596-9.

## Sammanfattning

På beställning av Trafikverket och VR Track Oy utfördes ett lärdomsprov där de as-built-ritningar och as-built-modeller som Trafikverket kräver i slutdokumentationen granskades. As-built-ritningar och as-built-modeller visar hur en konstruktion har utförts, och den utförda kvaliteten verifieras. För närvarande är anvisningarna för hur as-built-ritningar ska utformas splittrade på flera dokument som har gjorts upp enligt kraven vid den aktuella tidpunkten. På grund av den splittrade informationen nås inte användaren av den information som behövs, utan as-built-ritningarnas utformning är i hög grad beroende av den som utformar dem och är inte nödvändigtvis till hjälp för den följande användaren eller vid kvalitetssäkringen. As-built-modellering styrs av Yleiset inframallivaatimukset ("Allmänna inframodellkrav"), som är för allmänt hållna för järnvägsprojekt. Därför är det svårt att göra högklassig modellering. Syftet med lärdomsprovet var att från flera källor samla in information som hänför sig till as-built-ritningar och as-built-modeller, och sammanställa informationen i en publikation och därmed underlätta och förenhetliga utarbetandet av dokument.

Arbetet omfattar en litteraturoversikt, intervjuer och en empirisk del. Litteraturoversikten innehåller en genomgång av publikationer om slutdokumentation och utifrån genomgången en sammanställning av de delar som berör as-built-ritningar och as-built-modeller. Intervjuerna innehåller frågor till underhållare och planerare angående vad de skulle behöva som utgångsdata om en byggd konstruktion och vilka problem de observerat i levererad as-built-information. Den empiriska delen innehåller en sammanställning av observationer om utformandet av as-built-ritningar för upprustningen av banavsnittet mellan Ylivieska och Tuomioja och för reparationerna av trafikplatserna i Orivesi och Sisättö samt observationer om as-built-modelleringen för grundförstärkningarna av banavsnittet km 175–181 på Kustbanan. As-built-ritningarna och as-built-modellen för den empiriska delen gjordes 2016–2017.

Under arbetet framkom att byggplatserna ofta levererar bilder och tabeller i PDF-format som är svåra att utnyttja eller nästan oanvändbara när as-built-dokument ska utformas. Tabeller som omfattar flera sidor gör det också svårt att verifiera kvaliteten. I ritningarna som erhållits från byggplatserna hade ändringar ofta införts med rödpenna eller med PDF-verktyg, vilket innebar att det inte fanns någon information om deras exakta läge, storlek eller form. Det fanns sällan tillgång till mätdata i ursprunglig form. I och med att ursprungliga mätdata saknades förlorade man en väldigt mängd information om den byggda konstruktionen. As-built-data erhöles inte alltid som utgångsdata, vilket medförde att det var svårt för underhållet att reparera till exempel en banvall eller trummor så att de motsvarade det ursprungliga. I brist på information byggdes konstruktionerna på bästa möjliga sätt.

Lärdomsprovet utmynnade i anvisningar för utformningen av och innehållet i as-built-ritningar. Modellkraven som presenteras i ovan nämnda Yleiset inframallivaatimukset granskades med tanke på järnvägsprojekt. En sammanställning av observationer om form, innehåll och användning av as-built-data ingår. Observationerna visade att Trafikverkets arkiv ännu inte kan ta emot en as-built-modell, men ett projekt för att åtgärda situationen pågår. As-built-data innehöll samma typer av brister oberoende av entreprenör eller projekt, och as-built-data kunde inte alltid användas som utgångsdata för nya projekt.

**Aleksi Niemelä: The development of as built documents in a railway project.** Finnish Transport Agency, Maintenance Department. Helsinki 2018. Thesis 8/2018. 43 pages and 8 appendices. ISSN 2343-1741, ISBN 978-952-317-596-9.

## Abstract

As build drawings and as build models are documents that are used to tell how the structure is built, who have built it and they are used to verify quality. At the moment there is not a one guide how to make those documents, the information is spread to many documents and scattered information is hard to use in hurry. That is why information of as built documents depends on who have done them.

The purpose of this bachelor's thesis is to collect together information about the contents of as built documents from many sources and pack them in one document. The thesis consists of a literature review, interviews and an empirical research. Empirical research is made creating a as built drawings of Sisättö and Orivesi station, a renovation of Ylivieska-Tuomioja railway and creating a as built model of Rantarata km 175-181 railways foundation reinforcements. Drawings and models that are used in empirical research are made in 2016 and 2017.

Conclusions are that the person who creates as built documents did not receive proper information from construction site, it is hard to get as built information to an output data and it would be good to have pilot railway project for making proper as built model instructions. Making an as built documents requires that information that construction site sends is dimensionally accurate and is in editable formation.

## Esipuhe

Tämän opinnäytetyön on tehnyt Aleksi Niemelä osana rakennus- ja yhdyskuntatekniikan insinöörin tutkintoa. Työ tehtiin VR Track Oy:n palveluksessa Liikenneviraston tilauksesta.

VR Track Oy:ssa työtä ohjasi Salme Ruokanen, Liikennevirastossa Erkki Mäkelä ja työn valvojana toimi Tampereen Ammattikorkeakoulun lehtori Jouni Sivenius.

Helsingissä elokuussa 2018

Liikennevirasto  
Kunnossapito-osasto



# Sisällysluettelo

LYHENTEET JA TERMIT .....	9
1 JOHDANTO .....	10
2 YLEISPERIAATTEET LOPPUDOKUMENTOINNISSA .....	11
2.1. Luovutusaineistot .....	13
2.1.1 Dokumenttipohjainen luovutusaineisto .....	13
2.1.2 Digitaalinen luovutusaineisto .....	16
3 TOTEUMATieto LÄHTÖTietona .....	17
3.1. Lähtötiedon hankinta rekistereistä .....	17
3.2. Lähtötiedon hankinta toteumatiedoista .....	17
3.2.1 Toteumatiedon käyttö rautatiehankkeen suunnittelussa .....	17
3.2.2 Toteumatieto radan kunnossapidossa .....	18
4 TIEDON TOIMITTAMINEN JA ARKISTOINTI .....	20
4.1. Tiedon toimittaminen työmaalta toteumakuvien tekijälle .....	20
4.2. Toteumatiedossa esiintyneitä ongelmia .....	20
4.3. Tiedon arkistointi .....	23
5 TOTEUMAPIIRUSTUSTEN ESITYS JA SISÄLTÖ .....	24
5.1. Esitystavat .....	24
5.1.1 Laatuvaatimusten mukainen rakenne .....	24
5.1.2 Rakenne poikkeaa laatuvaatimuksista tai suunnitelmista .....	24
5.1.3 Esitettävät dokumentit .....	25
5.2. Tasokuvien sisältö .....	25
5.2.1 Suunnitelmakartat .....	26
5.2.2 Pituusleikkaus .....	27
5.2.3 Mittapiirustus .....	27
5.2.4 Tyyppipoikkileikkaukset ja paalukohtaiset poikkileikkaukset .....	28
5.2.5 Rumpusuunnitelmat .....	28
5.2.6 Routasuojauksusuunnitelmat .....	29
5.2.7 Tasoristeyssuunnitelmat .....	29
6 TOTEUMAMALLI .....	30
6.1. Radan päällysrakenne .....	31
6.2. Radan alusrakenne .....	31
6.3. Huoltotiet, tasoristeykset ja vastapenkereet .....	33
6.4. Rummut ja kuivatus .....	35
7 OHJEITA JA SELVITYKSIÄ TOTEUMAPIIRUSTUSTEN TEOSTA JA TOTEUMAMALLINNUKSESTA .....	37
8 KEHITYSEHDOTUKSIA .....	38
8.1. Esimerkkiprojektien perusteella tehdyt havainnot .....	38
8.2. Haastatteluissa ilmi tulleet kehitysehdotukset .....	38
9 POHDINTA .....	40
LÄHTEET .....	41

## LIITTEET

Liite 1	Suunnitelmakartta
Liite 2	Mittapiirustus
Liite 3	Rumpusuunnitelma
Liite 4	Pituusleikkaus
Liite 5	Routasuojaus
Liite 6	Poikkileikkaukset
Liite 7	Tasoristeyssuunnitelmat
Liite 8	Ryhmähaastattelu

## Lyhenteet ja termit

Eristyskerros	Vähentää tai estää alempien kerrosten routimista. Muodostaa välikerrokselle tasaisen ja kantavan alustan.
Huoltotie	Tie, joka on pääasiassa tarkoitettu radan ja sen laitteiden sekä järjestelmien kunnossapitoon ja huoltoon.
Keskiviiva	Määrittelee radan keskilinjän sijainnin vaakatasossa.
Km+m-järjestelmä	Rautateillä käytettävä pituusmittausjärjestelmä, jonka 0-paalu sijaitsee Helsingissä. Esim. KM 92+500 sijaitsee 92 kilometriä ja 500 metriä Helsingistä.
Korkeusviiva (KV)	Määrittelee raiteen korkeusaseman kiskon alus- tai väli-levyn alapinnan tasossa kulkureunan kohdalla. Kaarteessa se sijaitsee alemmassa kiskossa.
Liikennepaikka	Liikenteenohjausta ja matkustaja- ja/tai tavaraliikennettä varten rajattu alue.
Matemaattinen piste	Vaihteessa poikkeavan raiteen ja suoran raiteen keskilinjojen leikkauspiste.
Pääraide	Raide, jonka sallittu nopeus on vähintään 80 km/h.
Radan alusrakenne	Radan välikerros, eristyskerros sekä mahdollinen routa-levy ja suodatinkerros.
Radan päällysrakenne	Kiskot, pölkyt ja tukikerros.
Raidegeometria	Keskiviiva ja korkeusviiva yhdessä sekä radan kallistus.
Raiteistokaavio	Yleiskuva liikennepaikan raiteista, vaihteista, turvalaitteista ja kulkuyhteyksistä.
Rataisännöitsijä	Valvoo kunnossapito- ja rakentamistöitä, valmistelee töiden kilpailuttamista ja huolehtii rataverkon hallintaan ja maankäyttöön liittyvistä luvista.
Sivuraide	Raide, jota ei ole määritelty pääraiteeksi.
Tasoristeys	Radan ja tien risteäminen samassa tasossa.
Tukikerros	Pitää raiteen geometrisesti oikeassa asennossa ja asemassa, jakaa kuormia ja toimii raiteen kantavana alustana. Koostuu raidesepeleistä tai -sorasta.
Vaihde	Laite, jonka avulla vaihdetaan raidetta.
Vaihdeväli	Kahden samalla raiteella sijaitsevan vaihteen välinen alue.
Välikerros	Muodostaa tukikerrokselle tasaisen ja kantavan alustan sekä estää tukikerroksen sekoittumisen alempiin kerroksiin.

# 1 Johdanto

Rautatiehankkeen toteumapiirustusten sisällöstä tai esittämisestä ei ole olemassa suoraa ohjetta, vaan tietoa on koottava useammasta julkaisusta. Näitä julkaisuja ovat mm. Rekisterien päivitysohje, Urakoitsijan laaturaportointi ja Ratatekniset piirustusohjeet. Monen lähteen takia tietoa ei ole helppo hakea ja sisäistää hankkeen puitteissa, joten toteumapiirustuksista tulee usein tekijänsä näköisiä niin sisällöltään kuin ulkonäöltään. Monimuotoiset toteumapiirustukset eivät välttämättä palvele jatkokäyttäjiä, kuten kunnossapitäjää tai suunnittelijaa, mitenkään ja sen takia hankkeesta dokumentoitua tietoa hukataan. Esimerkiksi kunnossapitäjää kiinnostavat rakenteen muotoon liittyvät tiedot eivät välity kunnolla mitenkään muuten kuin toteumapiirustusten kautta, ja geosuunnittelijaa kiinnostavat massanvaihto- tai kuivatustiedot ovat havainnolliset piirustuksina esitettyinä. Selkeät ja yhtenäiset toteumapiirustukset helpottavat laadunvarmistusta.

Tämän työn tarkoituksena on tehdä yhteenveto toteumapiirustusten sisällöstä ja esitustavasta Rekisterien päivitysohjeiden, Urakoitsijan laaturaportoinnin ja Ratateknisten piirustusohjeiden sekä omien kokemusten ja haastattelujen perusteella. Omien kokemusten perustana toimivat Ylivieska–Kilpua radan perusparantamisen, Oriveden ja Sisätön liikennepaikkojen korjaamisen, Äänekosken biotuotetehtaan ratauran ja Parkanon raaka-puukuormauspaikkojen loppudokumentointi.

Toteumamalli on otettu työhön mukaan, koska Yleiset inframallivaatimukset osa 5.3 on tehty tiehankkeen näkökulmasta ja on sen takia hieman vajaa tai epätarkka rautateiden osalta. Toteumamallin kohdalla tietoa on kerätty tiiviimpään muotoon, koska YIV 5.3:ssa tieto on hajallaan radan osalta, ja siihen on tehty tarkennuksia pääasiassa omien kokemusten perusteelta. Esimerkkiprojektina on toiminut Rantaradan km 175–181 pohjanvahvistusten toteumamallintaminen. Kohteesta ei luovutettu toteumamallia vaan perinteiset tasokuvat. Rautatiehankkeen toteumamallintamisesta olisi hyvä saada pilottiprojekti, koska sen perusteella voidaan tehdä kattava ohje mallintamisesta, joka ottaa suoraan kantaa rautateiden vaatimuksiin.

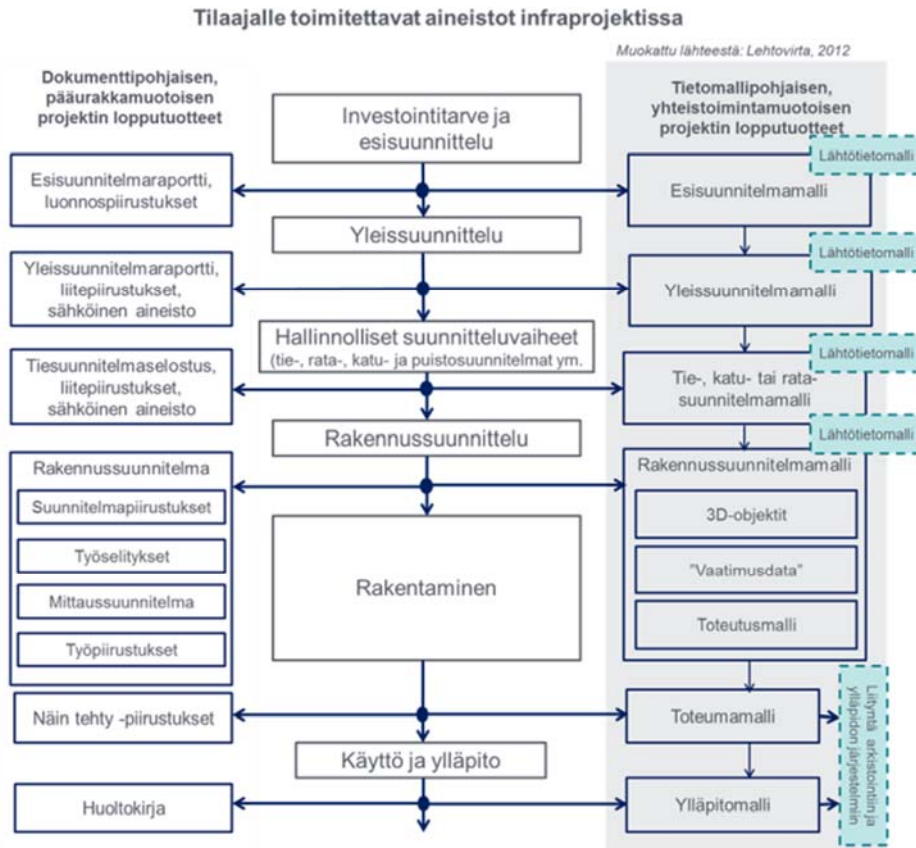
Toteumatieto liikkuu työmaan ja loppudokumentointia tekevän tahon välillä monella eri tavalla ja monessa eri muodossa. Täysin oikeaa tapaa ja muotoa siirtää tietoa ei ole, koska työmaat ovat yksilöllisiä ja toimintatavat sovitetaan vallitsevaan tilanteeseen sopiviksi. Tiedon muodossa on kuitenkin asioita, joita pitää korjata, jotta toteumatieto saavuttaa loppudokumentointia tekevän henkilön käyttökelpoisena ja selkeänä. Esimerkkikohteiden perusteella huomattiin, että kaikki muu paitsi alkuperäisessä formaatissa oleva mittaustieto on käyttökeltontonta tai vaikeasti hyödynnettävää ja kunnolliset toteumakuvat pystyy tekemään vain, jos alkuperäisessä formaatissa olevat suunnitelmat on käytettävissä. Työssä on esitelty toteumatiedossa esiintyneitä ongelmia, jotta niitä osataan välttää tulevaisuudessa.

## 2 Yleisperiaatteet loppudokumentoinnissa

Loppudokumentit ovat esimerkiksi toteumapiirustukset tai -mallit, joihin on viety työn aikana syntyneet muutokset. Dokumenttien teettämisestä vastaa kunnossapito- tai rakennustyön suorittaja, joka voi tehdä itse muutokset alkuperäisiin suunnitelmiin tai käyttää työssä suunnittelijaa tai muuta tahoa. Dokumenteista pitää esittää kuka on tehnyt, mitä ja milloin, sekä dokumenttien toimittamista piirustusarkistoon valvovat ja koordinoivat rataisännöitsijä sekä rakennuttajakonsultti. Jos projektissa ei ole alueisännöitsijää tai rataisännöitsijää, Liikenneviraston edustaja huolehtii dokumenttien toimittamisesta piirustusarkistoon. (Rekisterien päivitysohje 2007, 121). Toteumapiirustukset tehdään päivittämällä olemassa olevat suunnitelmat toteumapiirustuksiksi jotka sisältävät tehdyn muutokset suunniteltuun työhön ja toteumatiedot. Urakoitsija tarkastaa, että loppudokumentit vastaavat tehtyä työtä ja hankkii allekirjoitukset asiakirjoihin. (Rekisterien päivitysohje 2007, 125–126).

Arkistolaitoksen määräys pysyvästi säilytettävistä asiakirjoista Dnro 78/40/2005 määrittelee Liikenneviraston arkistoon toimitettavien dokumenttien materiaalit ja tuottamistavat. Dokumenttien pitää olla mustavalkoisia ja tulostettuna paperille tai tietyissä tapauksissa muoville. Määräyksen mukaan värillisiä kuvia ei saa toimittaa, koska värit eivät täytä standardin ISO 11798:1999 vaatimuksia pysyvästä säilytyksestä. Värillisten karttojen kohdalla voidaan kuitenkin sopia poikkeusmenettelyjä. (Radan suunniteluohje 2008, 96).

Liikennevirasto pyrkii siirtymään toteumapiirustuksista toteumamalliin ja siitä aina ylläpitomalliin, tavoitetilassa kaikki rakenteelliset ja geometriset tiedot luovutetaan mallipohjaisesti (Mäkelä 2017). Toteumamalli vähentää paperisten dokumenttien määrää ja toimii kohteen geometrisen laadun ja vaatimustenmukaisuuden välittäjänä tilaajalle. Toteumamalli toimisi myös omaisuuden hallinnan perustana (Palvianen 2015, 4).



Kuva 1. Mallipohjaisen ja dokumenttipohjaisen projektin erot. (Niskanen 2015, 4)

Loppudokumenttien sisällön olisi hyvä palvella kunnossapitäjää, suunnittelijaa ja rakentamisen laadunvarmistusta. Niistä olisi hyvä Rekisterien päivitysohjeiden (Ratahallintokeskus 2007) vaatimat asiat, koska tämä yhtenäistää piirustusarkistossa ja omaisuuden hallintarekistereissä olevaa tietoa. Uuden hankkeen alkaessa yhtenäiset tiedot helpottavat suunnittelua ja aineiston käyttökelpoisuuden ja paikkansa-pitävyyden arviointia.

Kunnossapitäjä on tähän asti toimittanut arkistoihin ja rekistereihin tekemänsä muutokset toteumapiirustuksina ja taulukoina. Tulevaisuudessa tarkoituksena olisi, että päivitykset tehdään ylläpitomallin kautta rekistereihin ja uuden projektin alkaessa ylläpitomalli muuttuu lähtötietomalliksi. Kuvassa 2 on esitetty ylläpitomallin toiminta. (Rekisterien päivitysohje 2007, 121; Niskanen 2015, 16).



Kuva 2. Toteumamallista tehdyn ylläpitomallin hyödyntäminen. (Niskanen 2015, 17)

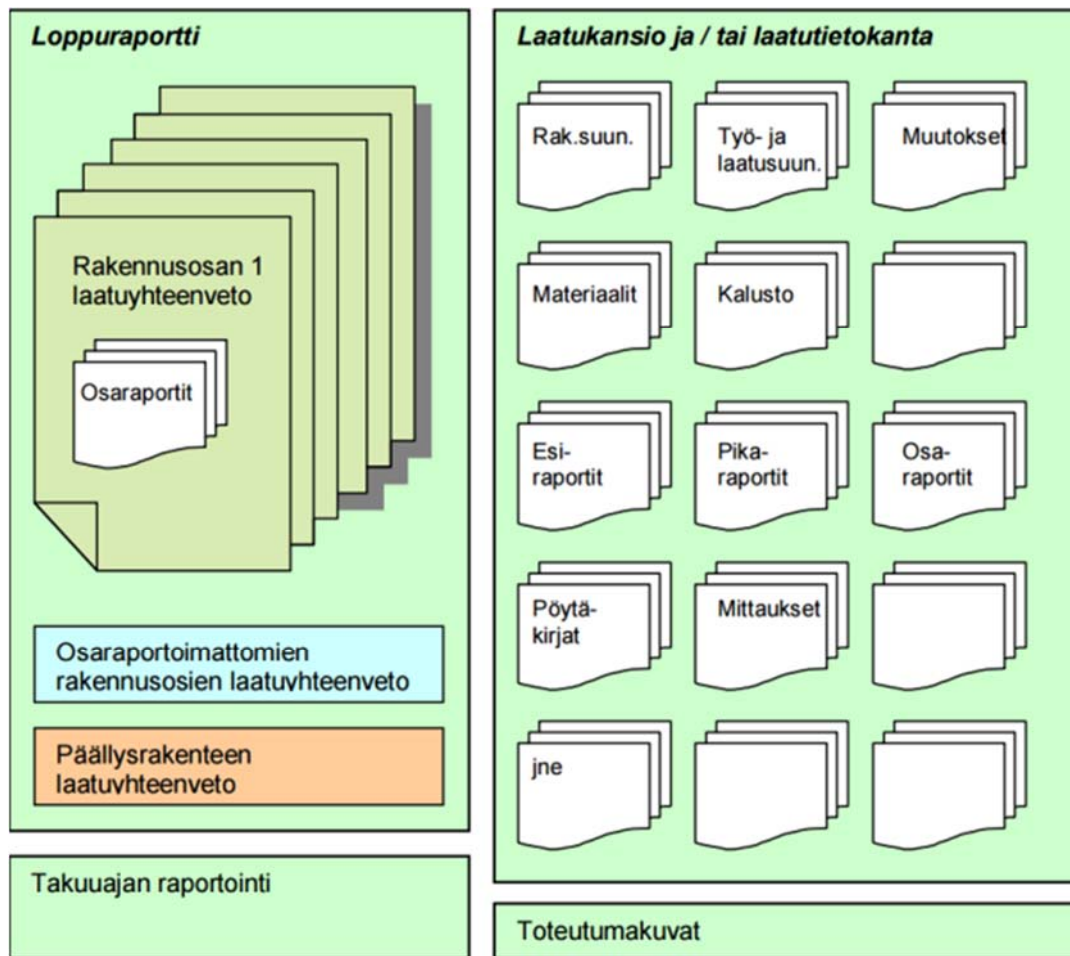
Toteumapiirustusten ja -mallien tekeminen hankkeen edetessä sitä mukaa, kun tietoa on käytettävissä, vähentää työtä ja kiirettä hankkeen lopussa. Parhaimmassa tapauksessa hankkeen toteumapiirustukset ja -mallit ovat samaan aikaan valmiita kuin muu laaturaportointi.

## 2.1. Luovutusaineistot

Liikennevirastolla on noin 6 hyllykilometriä paperista arkistoaineistoa ja noin 400 000 piirustusta ja karttaa, jotka sisältävät mahdollista lähtötietoa tuleviin hankkeisiin. Suuren paperidokumenttimäärän takia tarvittava tieto löytyy hitaasti vaikka tietoa tarvittaisiin nykyään nopeasti ja tämän takia Liikenneviraston arkistotoimen kiinnostuksen kohteeksi on noussut aineiston digitalisointi. Hankkeiden luovutusaineistot ovat osa tätä suurta tietomäärää ja toteumapiirustukset sekä -mallit ovat osa ratahankkeiden luovutusaineistoa. Luovutusaineiston tarkoituksena on todentaa rakentamisen laatu ja toimia lähtötietona kunnossapidolle. (Liikennevirasto 2014, 5; Partainen, Suntio 2017, 3).

### 2.1.1 Dokumenttipohjainen luovutusaineisto

Dokumenttipohjainen laatukansio laaditaan loogisessa järjestyksessä pohjanvahvistuksista päällysrakennetöihin. Kansio koostuu muun muassa työn aikana tehdyistä laatumittauksista ja niistä jääneet dokumentit, työvaiheiden laatusuunnitelmat, tarkemittaukset- ja piirustukset sekä toteumatiedot. Hankkeen lopussa laatukansiosta muodostuu loppudokumentointiaineisto. Laatukansiota ei tarvitse luovuttaa tilaajalle, vaan kansion perusteella laaditaan loppuraportti, jossa esitetään rakenteen kelpoisuus, mittausten kattavuus ja poikkeamat. (Partainen, Suntio 2017, 14).



Kuva 3. Laatukansion ja loppuraportin sisältö (Partiainen, Suntio 2017, 14)



1. Urakan laatusuunnitelma
  - 1.a Laatusuunnitelma
  - 1.b Aikataulut
  - 1.c Laatusuunnitelman auditointipöytäkirjat
2. Kuvaus rakennusosan/kohteen itselleluovutuksesta
3. Tekniset työsuunnitelmat
4. Työvaihekohtaiset laatusuunnitelmat
5. Liikenteenohjaussuunnitelmat
6. Turvallisuus- ja riskienhallintadokumentaatio
  - 6.a Turvallisuussuunnitelmat (päivitetyt)
  - 6.b Riskienhallintasuunnitelmat (päivitetyt)
  - 6.c Yhteenveto jäänösriskeistä (erityisesti YTM-asetuksen mukaisista riskeistä)
  - 6.d Turvallisuuspoikkeamatiedostot
  - 6.e MVR-mittausten yhteenveto
  - 6.f Muu merkittävä turvallisuuskokumentaatio
7. Laatumittaukset
  - 4.a Laatumittausraportit
  - 4.b Laatumittauspöytäkirjat
  - 4.c Koemittaukset
  - 4.d Materiaalien laatutiedot.
  - 4.e Murskeiden rakeisuuskäyrät ja arvonmuutoslaskelmat
  - 4.f Päälysteiden laatudokumentit ja arvonmuutoslaskelmat
8. Maastokatselmukset
  - 8.a Tarkastusmuistiot
9. Poikkeamaraportit
  - 9.a Korjaussuunnitelmat
  - 9.b Arvonmuutoslaskelmat.
10. suunnitelma-asiat
  - 10.a Luettelo suunnitelmanmuutoksista ja työnaikaisista korjaussuunnitelmista
  - 10.b Muutos- ja korjaussuunnitelmat
  - 10.c Toteutumätiedot/piirustukset (viemäröinti, liikennevalot, tievalaistus yms.).
11. Työmaapäiväkirja
12. Erikoisrakenteiden raportit
  - 12a. Sillat
    - Sillan laaturaportti ja työvaiheiden suunnitelmat
    - Sillan täydennetty ominaistietokortti
    - Sillan yleispiirustus (toteutumapiirustus)
    - Panostilakortit
    - Siltarekisterin päivitystiedot
    - Ilmoitukset urakan alkamisesta ja palautearviointi
    - Erikoiskuljetusreiteillä silta-aukkojen mitat
    - Ilmoitukset ja luvat
    - Arvonmuutoslaskelmat
13. Pohjaveden suojausrakenteet
  - Toteutuneen suojauksen kuvaus
14. Rautatietöiminnan osalta käyttöönottodokumentaatio
15. Kolmannet osapuolet ja asiakaspalautteet
  - 15a. Korvausasiat
  - 15b. Sopimukset
16. Muut asiat
  - 16a. Tiedotteet
  - 16b. Urakkaa koskevat lehtiartikkelit
  - 16c. Urakkasopimuksen toteutuksen arvioinnit
17. Ympäristöraportti
  - 17a. Toteutuneet massat ja ympäristöinvestoinnit, ympäristöraportti excel-aulukkona
  - 17b. Jätteen määrät, toimituspaikat ja vastaanottokuitit sekä siirtoasiakirjat

Kuva 4. Esimerkki laatukansion sisällöstä (Partiainen, Suntio 2017, 15)

### 2.1.2 Digitaalinen luovutusaineisto

Verrattuna perinteiseen luovutusaineistoon, digitaalisesta luovutusaineistosta jätetään työnaikaista laadunvarmistusta koskeva osio pois. Näitä ovat esimerkiksi aika-  
taulu, työmaan aluesuunnitelmat, laadunvarmistussuunnitelmat ja urakan laatusuunnitelmat. Sähköisessä luovutusaineistossa keskitytään siis lopputuotteeseen ja sen ominaisuuksiin, se miten siihen on päästy, jätetään pois. Liikenneviraston arkisto ei ole puuttunut siihen, miten asiakirjoja hallinnoidaan hankkeen aikana, vaan tärkeintä on, että aineisto täyttää asetetut yksiselitteisyys- ja selkeysvaatimukset. (Partiainen, Sun-  
tio 2017, 16).

Kansio	Sisältö
01_Selostus	Aineistoselostuksessa esitellään luovutettava aineisto (ns. aineiston käyttöohje). Selostus on infamalliselostusta vastaava dokumentti ja se sisältää mm.: <ul style="list-style-type: none"> <li>• hankkeen perustiedot (nimi, sijainti, koordinaatti- ja korkeusjärjestelmä jne.)</li> <li>• luovutusaineiston käyttötarkoituksen</li> <li>• käytetyt formaatit ja ohjelmistot</li> <li>• nimeämis- ja numeroimiskäytännöt</li> <li>• muut huomioon otavat asiat</li> </ul>
02_Toteumamalli	Toteutuksessa hyödynnetyt geometriat jaoteltuina (mittalinjat, reunakivet, maaliviivat jne.). Väylärakenteet ja järjestelmät: <ul style="list-style-type: none"> <li>• pintamallit rakenteittain (IM)</li> <li>• rajaukset 2D- tai 3D-taiteviivana (IM)</li> <li>• kaikkien rakennettujen ja mitattujen järjestelmien ja varusteiden sijainti- sekä ominaisuustiedot (IM)</li> </ul>
03_Taitorakenteet	Taitorakenteiden ylläpitomallit ja -selostukset sekä muu taitorakennerekisterin ja edellyttämä aineisto.
04_Toteumapiirustukset	Hankkeen toteuman mukaisesti päivitetyt rakennussuunnitelmapiiirustukset.
05_Laatuaineisto	Rakentamisen laadun todentamiseen liittyvät aineistot ja dokumentit, kuten: <ul style="list-style-type: none"> <li>• poikkeamaraportit</li> <li>• laatumittaukset ja niiden yhteenvedot</li> <li>• kantavuusmittaukset,</li> <li>• materiaali- ja tekniset tiedot</li> </ul>
06_Viiteaineisto	Muuta aineistoa täydentävät tiedostot, kuten: <ul style="list-style-type: none"> <li>• maaperätiedot (pohjatutkimukset, kalliopintakartoitukset, maastomalli)</li> <li>• haltuunottoalueet</li> <li>• hoitoalueiden rajat ja viherhoitokortit</li> <li>• kolmannet osapuolet (esim. louhinta töihin liittyvät katselmukset)</li> <li>• valokuvat</li> </ul>
07_Tietokanta	Kootut aineistot käytetyn ohjelmiston tietokantana.
Aineistoluettelo	Kootut aineistot luetteloitu tiedostoittain kansiorakenteen mukaisessa rakenteessa.

Kuva 5. Esimerkki digitaalisen luovutusaineiston kansiojaosta (Liikennevirasto 2017, 45)

Esimerkkikuvan mukaista digitaalisen luovutusaineiston kansiorakennetta käytetään esimerkiksi Tampereen raitiotieallianssissa. (Kaihia, 2018)

## 3 Toteumatieto lähtötietona

Toteumatiedon käytöstä lähtötietona haastateltiin VR Track suunnittelun ja kunnossapidon henkilöstöä. Yhtenä suurena asiana nousi esiin se, että toteumatieto ei siirry arkistoon päätyminen jälkeen lähtötiedoksi uusiin projekteihin, vaikka tiedon tuottamiseen käytetään satoja tunteja työaikaa. Pääasiallisena lähtötietolähteenä toimivat rekisterit

### 3.1. Lähtötiedon hankinta rekistereistä

Rautatiehankkeen lopussa laaditut toteumapiirustukset toimisivat erittäin hyvänä lähtö-tietona omaisuudenhallintarekisterien tiedon lisäksi. Liikennevirasto on tehty 17 erilaista rekisteriä riippuen siitä, mitä teknistä tietoa ne sisältävät ja niitä ylläpitää tällä hetkellä VR Track Oy. Rekisterien tehtävänä on koota ja säilyttää radanpidon kannalta tärkeitä tietoja sekä jakaa tietoa sitä tarvitseville toimijoille. Kun rekisterit rajataan opinnäytetyön aihearajauksen mukaan, tarkasteltavia rekisterejä jää jäljelle 9. Nämä rekisterit ovat:

- Ratatiedon tilastot ja kartat
- Aluetiedot
- Rataosien ominaisuusrekisteri
- Sivuraiderrekisteri
- Raidegeometriarekisteri
- Vaihderrekisteri
- Tasoristeysrekisteri
- Rumpurekisteri
- Raiteistokaaviot

Rekisterien tiedot ovat tallennettuna taulukkomuodossa ja ne voidaan tulostaa excel- tai pdf-muodossa hankkeen lähtötiedoiksi. Jokaisen rakennus- tai kunnossapitourakan lopuksi muuttuneet tiedot päivitetään manuaalisesti urakoitsijan ilmoitusten perusteella. (Rekisterien päivitysohje 2007).

Rekistereistä tieto saadaan yleensä excel- tai pdf-muodossa, osa jolloin digitaalisesti tuotetun aineiston tiedoista on kadonnut. Esimerkiksi tieto rakenteen geometrisestä muodosta ja toteutuneesta raidegeometriasta on kadonnut. (Varimo 2018).

### 3.2. Lähtötiedon hankinta toteumatiedoista

#### 3.2.1 Toteumatiedon käyttö rautatiehankkeen suunnittelussa

Uuden kohteen suunnittelun alkaessa lähtötiedot ovat kohteen laajuudesta riippuen mitattu maastomalli ja mitatut radan laitteet sekä järjestelmät, operaattorien, kaupunkien, kuntien ja johtotietopalvelujen toimittamat johto sekä putkitiedot ja rekisteritiedot. Joissain kohteissa on ollut mahdollista saada lähtöaineistoksi vanhat suunnitelmat ja toteumapiirustukset. Näitä kohteita olivat esimerkiksi tässä työssä käytetyt esimerkkikohteet Tampere–Seinäjoki liikennepaikkojen uusiminen ja Rantaradan pohjanvahvistukset.

Toteumatietoa ei aina saa lähtötiedoksi. Tiedon puute voi johtua monesta asiasta. Esimerkiksi Liikennevirasto ei anna rakentamishankkeesta tehtyjä toteumapiirustuksia suunnittelijalle, kunnossapitäjä ei ole tehnyt toteumapiirustuksiaan tehdyistä toimenpiteistä, jolloin rakennushankkeesta tehtyihin piirustuksiin kannattaa suhtautua varauksella tai toteumapiirustuksia ei ole olemassa.

Tampere–Seinäjoki liikennepaikkojen uusimisen suunnittelussa Sisätön liikennepaikan toimenpiteiden suunnittelussa käytettiin hyödyksi vanhoja rumpusuunnitelmia ja suunnitelmakarttoja, joista suunnitelmakartta oli muutettu toteumapiirustukseksi. Liikennepaikalla oli rummun perustuksena käytetty betonilaatta hukassa, koska toteumatietoa ei ollut saatavilla eikä laattaa löytynyt maastokäynnillä tai kairauksista. Uuden rummun rakentamisen aikana laatta löytyi syvemmältä ja hieman eri paikasta kuin missä sen piti olla. (Ruokanen 2018).

Rantaradan pohjanvahvistuksissa käytettiin muun tiedon ohella edellisen vahvistushankkeen suunnitelmia, mutta toteumatietoa ei ollut saatavilla. Hankkeen valmistumisen jälkeen epäiltiin, että kohteessa olisi tapahtunut laatupoikkeama. Tehtyjä toteumapiirustuksia käytettiin korjaussuunnittelun perustana. (Isohaka 2017).

Geotekniikassa toteumatietoa on ollut vähän käytettävissä ja usein on oletettu, että vanhoissa suunnitelmissa tehdyt toimenpiteet on tehty. Maastokäynneillä on huomattu, että kaikkia suunnitelmissa tehtyjä toimenpiteitä ei ole tehty tai ne on toteutettu eri tavalla. Suunniteltujen massanvaihtojen toteumasta on päästy selvyyteen vasta kairaamalla kohdetta, koska minkäänlaista rakentamisen aikaista dokumentointia ei ole. (Vanhoja 2018).

### **3.2.2 Toteumatieto radan kunnossapidossa**

Kunnossapito käyttää lähtötietoinaan pääsääntöisesti excel- ja pdf-pohjaisia tiedostoja, jotka on tulostettu rautatierakenteiden hallintarekisteristä, vaikka toteumatiedosta olisi enemmän hyötyä urakan onnistumisen kannalta. Esimerkiksi jos radan rakennetta joutuu korjaamaan takuuajan päätyttyä alkuperäiseen tilaan niin toteumatieto tarjoaisi siihen parhaan mahdollisen lähtötiedon. Nykyään käytössä olevilla lähtötiedoilla korjaus tehtäisiin urakoitsijan parhaaksi näkemällä tavalla, jolloin rakenne ei pysy parhaassa mahdollisessa kunnossa, koska tarkkaa tietoa rakenteen ominaisuuksista ei ole. Toteumatiedon puute johtuu siitä, että niitä ei toimiteta kunnossapitourakan aikana urakoitsijalle muiden lähtötietojen kanssa. (Varimo 2018).

Rakenteesta johtuvia vikatilanteita ja ongelmia tulee yllätyksellisesti kunnossapidon tietoon, koska varmaa tietoa rakenteen poikkeavuuksista ei ole. Kunnossapidon tarkastaessa toteumapiirustukset ennen kunnossapitoalueen vastaanottoa, on mahdollista paikallistaa mahdolliset poikkeavuudet. Kun poikkeavuudet olisivat kunnossapidon tiedossa toteumapiirustusten kautta, pystyttäisiin mahdollisiin ongelmiin varautumaan etukäteen ja minimoimaan kustannuksia sekä liikenteelle aiheutuvaa haittaa. (Varimo 2018).

Tietomallinnusta ei ainakaan tällä hetkellä käytetä kunnossapitotyössä muuten kuin ajoittain työn suunnittelussa. Massiivista radan perusparannusta ei tehdä kovin usein ja työ on usein esimerkiksi ratapölkynvaihtoa ja tukikerroksen lisäsepelöintiä tai muita yksinkertaisia töitä. Tämän takia valmiiden suunnitelmien, joiden perusteella työ suoritetaan, ei tarvitse olla monimutkaisia. (Varimo 2018).

Tietomallinnuksen puute kunnossapidossa voi katkaista digitaalisen tiedon keräämisen ratahankkeen elinkaaren aikana. Rakentamishankkeen jälkeen tehty toteumamalli menettää arvonsa, jos sitä ei päivitetä ja hyödynnetä kunnossapitourakan aikana. Osa mallin tiedoista pitää paikkaansa, kun sen perusteella aletaan suunnitella uutta, mutta kunnossapidon aikana tehtyjen muutosten osalta tiedot ovat vanhentuneet. Kunnossapitoalueen ratarakenteen lähtötiedot voitaisiin antaa tietomallipohjaisesti ja urakoitsija tulostaisi mallista itselleen oleellisia tietoja. Tietomallia päivitettäisiin tehdyn työn mukaan koko urakka-ajan vaikka sitä ei käytettäisikään itse kunnossapitotyöhön. Tämä ratkaisisi ongelman mallin ajan tasalla pitämisestä, mutta käytännössä tarkoittaisi uutta työtehtävää urakoitsijalle.

## 4 Tiedon toimittaminen ja arkistointi

Toteumapiirustusten ja -mallien teko vaatii sujuvaa tiedonvälitystä mittahenkilöstön ja toteumapiirustuksia tai -mallia tekevän henkilön välillä. Tietojen pitää olla yksiselitteisiä, mittatarkkoja ja hyödynnettävissä ohjelmistoilla. (Liikennevirasto 2011). Tämä ei aina toteudu, esimerkiksi hankkeissa Ylivieska–Tuomioja-radan perusparantamisessa, Rantaradan pohjanvahvistuksissa ja Oriveden sekä Sisätön liikennepaikkojen korjaamisessa oli puutteita. Puutteet koskivat muun muassa toimitetun tiedon formaattia, sisältöä ja esitystapaa.

### 4.1. Tiedon toimittaminen työmaalta toteumakuvien tekijälle

Ylivieska–Tuomioja-radan perusparannuksen loppudokumentoinnin aineisto toimitettiin projektipankin kautta. Tietojen kerääminen tätä kautta oli hidasta ja kankeaa, mutta tiedot löytyivät helposti laatuaineiston alta. Projektipankin sisältämät mittaus-tiedot olivat muunnettuina pdf-tiedostoiksi ja tämän takia aineiston hyödyntäminen oli hyvin vaikeata, alkuperäisessä formaatissa olevaa tietoa ei ollut saatavilla.

Rantaradan pohjanvahvistuksissa sekä Sisätön ja Oriveden liikennepaikkojen korjaamisessa toteumatieto toimitettiin sähköpostitse suunnittelijalle. Rantaradan kohdalla tiedot tulivat alkuperäisessä formaatissa suunnittelijalle, joka päivitti toteumamallia niiden perusteella. Tieto tuli suoraan oikeassa koordinaatti- ja korkeusjärjestelmässä ja pienten muokkausten jälkeen se soveltui suunnitteluohjelmaan lisättäväksi. Sisätön ja Oriveden kohdalla tieto tuli pdf-kuvina, joiden hyödyntäminen vaati ylimääräistä työtä.

Esimerkkikohteiden perusteella loppudokumentointia on helpoin tehdä, kun työmaa lähettää mittatiedot suoraan dokumentoinnin tekijälle alkuperäisessä formaatissaan. Mittatietojen ulkoasu kannattaa muokata tulostukseen kelpaavaan muotoon ennen lähettämistä, koska silloin loppudokumentoijan työmäärä vähenee ja mittatietojen tulkitseminen on yksiselitteisempää.

### 4.2. Toteumatiedossa esiintyneitä ongelmia

Esimerkkihankkeiden ja tehdyn ryhmähaastattelun perusteella toteumatiedossa esiintyi ongelmia ja puutteita, jotka olisivat ratkaistavissa tarkemmalla ohjeistuksella sekä työtapojen yhtenäistämällä. Puutteiden ja ongelmien korjaaminen nopeuttaa toteumakuvien ja -mallien tekoa, parantaa tietosisältöä ja vähentää työtä työmaalla sekä toimistolla. Ryhmähaastattelussa haastateltiin Tampereen raitiotieallianssin laatuinsinööriä Petra Brunnilaa, ratasuunnittelijaa Antti Kiviniemeä sekä kartoittajia Petri Kaihiaa ja Teppo Viinikkaa.

Ryhmähaastattelun perusteella ilmenneitä kehityskohteita olivat mittaustapojen ja mittatiedon koodauksen yhtenäistäminen sekä selkeät ohjeet siitä, mitä mitataan ja miten. Maininnan sai myös mittauspisteiden riittävä tiheys. Pisteiden täytyy olla tarpeeksi tiheässä, jotta niiden perusteella voi tehdä päätelmiä rakenteen geometrisesta muodosta. 100 ja 200 metrin välein tehdyt tarkemittaukset eivät anna tarkkaa kuvaa rakenteesta vaan ne tarvitsevat tuekseen tiheimmän mittausverkoston (Kiviniemi 2018).

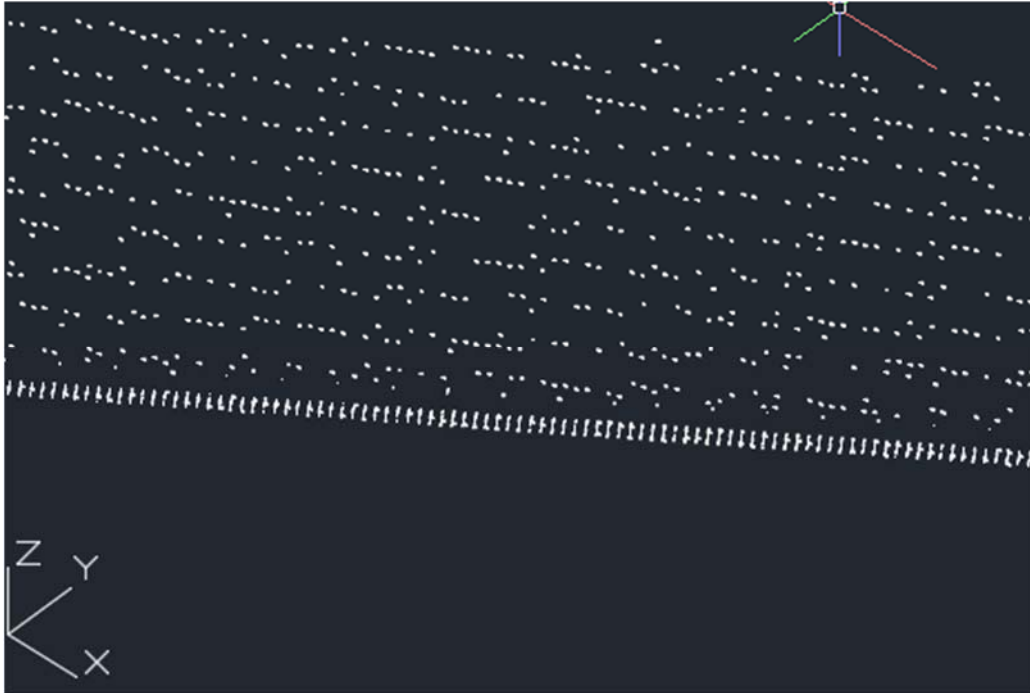
Ongelmat mittapisteiden koodauksessa aiheutuivat siitä, että koneohjausjärjestelmä ottaa mittapisteelle koodin käytettävästä pinnasta, kun taas takymetrillä mitattu piste koodataan käsin. Kun takymetrillä mitattiin koneohjausmallin perusteella tehtyä pintaa, pinnan koodaus oli välillä väärin siksi, että laitteet eivät tunnista infraBIM-koodausta ja niitä piti korjata jälkikäteen. Koneen mittaaman pisteen koodaus oli pääsääntöisesti oikein. Ohjeistusta toivottiin muun muassa kaapelien suojaputkien mittaamisesta sekä tulosten raportointimuotoon. Tietoa toivottiin mieluiten sähköisenä piirustuksena, koska taulukoissa oleva mittatieto ei palvele ketään ja se on vaikeasti hyödynnettävää. Piirustuksen laatitsi mahdollisimman pitkälle yksi ja sama henkilö, jotta vältetään tiedon häviämiseltä. (Brunnilla, Kaihia, Kiviniemi, Viinikka 2018).

Esimerkkikohteista Ylivieska–Tuomioja–radan perusparannuksessa esiintyi taulukkomuodossa olevaa mittatietoa, pdf-piirustuksia ja pöytäkirjoissa olevaa tietoa. Näistä pöytäkirjoissa oleva tieto oli kaikista käyttökelpoisinta vaikkakin sen hyödyntäminen oli työlästä. Pdf-piirustusten tieto piti siirtää toteumapiirustuksiin käsin ja tämän takia niiden mittatarkkuus kärsi. Pdf-piirustuksista puuttui pohjoisnuolia, koordinaattiristejä ja mittakaavoja, joten tiedon hyödyntäminen oli haastavaa. Taulukkotietoa oli 97 pdf-sivua. Tässä muodossa ollut tieto oli käyttökeltvotonta, mutta siitä sai muokattavan tekstintunnistusohjelmalla. Ohjelma tunnisti suurimman osan dokumenttien sisällöstä, mutta kymmenien pisteiden sijainti jäi silti virheelliseksi. Taulukoiden suuren määrän takia niiden tarkistus ei ollut käytettävissä olevan ajan puitteissa mahdollista.

*Taulukko 1. Pdf-tilukko kaapelireiteistä Ylivieska–Kilpua-radalla (VR Track Oy 2016)*

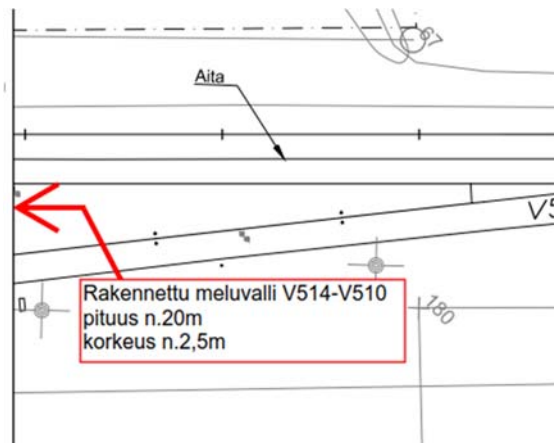
KM+m	Sivumitta	X	Y
648428.066	14.492	7121304,02	2537809,22
648437.059	14.748	7121311,27	2537814,58
648440.605	14.595	7121314,27	2537816,48
648908.623	10.842	7121732,12	2538030,36
648916.175	11.371	7121739,17	2538033,28
648940.922	11.451	7121762,88	2538041,01
648979.035	10.751	7121799,87	2538051,34
649021.065	10.691	7121840,77	2538062,29
649063.144	11.047	7121881,91	2538072,5
649079.249	9.612	7121898,04	2538074,56
649091.054	5.758	7121910,43	2538073,24
649104.099	5.185	7121923,36	2538075,3
649118.383	9.431	7121936,59	2538082,25
649148.558	10.702	7121966,09	2538089,16

Rantaradan pohjanvahvistuksissa stabilointipilarien toteutuneet sijainnit ja korot toimitettiin taulukossa ja dwg-piirustuksena. Dwg-piirustukseen oli merkitty jokaisen pilarin viereen toteutunut korko, mutta piirustusobjektille korkoa ei annettu. Tämä johti siihen, että jokaiselle pilarille korko piti syöttää käsin, jotta siitä sai toteumamalliin kelpaavan lähtötiedon.



Kuva 6. Pilaristabiloinnista toimitettu toteumatieto. Korot ovat välillä +0...+90 m. Maanpinnan korko on keskimäärin +10 m (VR Track Oy 2016)

Oriveden ja Sisätön liikennepaikkojen vaihteidenvaihtojen loppudokumentoinnissa urakoitsija toimitti pdf-muotoiset suunnitelmat sähköpostitse, joihin oli punakynällä merkitty erovaisuudet. Punakynäversioiden perusteella suunnittelija päivitti suunnitelmat toteumapiirustuksiksi. Valmiit toteumapiirustukset kuvasivat toteutunutta tilannetta suurpiirteisesti, koska tarkkaa mittatietoa ei ollut.



Kuva 7. Esimerkki toimitetuista toteumatiedoista. Meluvallin sijainnista ei voi tehdä tarkkoja päätelmiä (VR Track Oy 2017)



## 4.3. Tiedon arkistointi

Liikenneviraston piirustusarkisto ottaa tietoa vastaan sähköisesti CD-levyinä, muistikuvilla, ulkoisilla kovalevyillä tai fyysisesti paperina (Kajama 2018). Rekistereihin tallennetaan teknistä tietoa valmistuneesta rakennushankkeesta ja kunnossapidon tekemistä toimenpiteistä. Tieto maastosta rekisteriin liikkuu pääasiassa paperisten tai sähköisten lomakkeiden perusteella. Lomakkeista tieto kirjataan käsin rekisteriin. (Rekisterien päivitysohje 2007). Liikennevirastolla ei ole ohjeistusta sähköisten aineistojen vastaanotolle, mutta sen korjaamiseksi käynnistyy hanke, kun väylähankkeen tiedonohjaussuunnitelmat ja teknisten aineistojen e-arkisto saadaan valmiiksi (Partiainen, Suntio 2017, 16). Liikenneviraston arkisto ei pysty ottamaan tietomalleja vastaan eikä niiden pitkäaikaissäilytykseen ja arkistointiin ole kehitetty menetelmiä sekä formaattia, mutta asian kehittämiseksi on käynnistymässä projekti (Henriksson 2018).

## 5 Toteumapiirustusten esitys ja sisältö

Toteumapiirustuksilla tarkoitetaan suunnitelmapiirustuksia, joihin on päivitetty rakentamisessa syntyneet muutokset. Piirustukset tehdään arkistoitavaan muotoon ja niistä pitää käydä ilmi, kuka on tehnyt, mitä ja milloin. (Rekisterien päivitysohje 2007, 121).

Liikennevirasto vaatii paperisia piirustuksia luovutettavaksi luovutusaineiston kanssa (Kajama 2018) ja ne arkistoidaan paperisina tai muovisina sekä niiden sähköiset alkuperäisversiot tallennetaan (Rekisterien päivitysohje 2007, 97). Piirustusten tarkoituksena on kuvata rakentamisen jälkeinen tilanne lopputuotteen toiminnan kannalta merkittävimpien rakennusosien kannalta, periaate on sama kuin Urakoitsijan laaturaportoinnissa (Tiehallinto 2009).

Toteumapiirustukset laaditaan rakennetuista pysyvistä rakenteista. Väliaikaisista rakenteista laaditaan toteumapiirustukset, kun rakenteet jäävät paikoilleen rakentamisen jälkeen. Näitä ovat esimerkiksi pontit tai tilapäiset perustukset. Toteumapiirustusten tulee kuvata kohteen rakennetta, muotoa, laatua ja sijaintia yksiselitteisesti. (Radan suunnitteluohje 2008, 70). Piirustusten tekniset vaatimukset ovat Ratateknisten piirustusohjeiden uusimman painoksen mukaiset, jonka Liikennevirasto julkaisi vuonna 2011 (Rekisterien päivitysohje 2007, 96).

### 5.1. Esitystavat

#### 5.1.1 Laatuvaatimusten mukainen rakenne

Rakenteen ollessa infraRYLin, Ratateknisten ohjeiden ja määräysten tai muun käytetyn laatua määrittävän ohjeen mukainen, suunnitelmadokumentista tulee toteumadokumentti. Samanlaista periaatetta käytetään YIV osa 5.3:ssa (Palviainen, 2015), joten yhtenäinen toimintatapa on perusteltua. Muutos ilmaistaan lisäämällä revisiomerkitä suunnitelmaan ja revision selitykseksi ”näin tehty”. Revision hyväksyy työmaan vastaava työnjohtaja, koska Maankäyttö- ja rakennuslain §122 (1999/132) mukaan vastaavan työnjohtajan on vastattava rakennustyön laadusta. Toteumapiirustukset ovat yksi tapa todentaa työn laatua.

Työnaikaiset ja purettavia rakenteita ilmaisevat merkinnät poistetaan loppudokumenteista ja tekstien sanamuodot muutetaan tehtyä työtä kuvaaviksi. Esimerkiksi työnaikaisia tuentoja ja suojausosia ei esitetä, jollei niitä jätetä paikoilleen työn valmistuttua sekä sana ”vanha” korvataan sanalla ”alkuperäinen” tai ”uusittava” muutetaan ”uusittu”.

#### 5.1.2 Rakenne poikkeaa laatuvaatimuksista tai suunnitelmista

Poikkeamat päivitetään suunnitelmadokumentteihin piirtämällä ne rakentamisessa käytettyyn suunnitelmaan ja poistamalla suunniteltu rakenne poikkeaman kohdalta. Poikkeavat rakenteet merkitään selkeästi alku- ja loppukilometrien kohdalta ja rakenne piirretään mittaajalta saadun gt- tai dwg-tiedoston perusteella. (Rekisterien päivitysohje 2007, 131; Kaihia 2018).

Nimiöön tehtävä revisiomerkintä tehdään samalla tavalla kuin laatuvaatimuksien mukaisessa rakenteessa. Suunnitelman tekstiasu muutetaan samanlaiseksi kuin laatuvaatimuksien mukaisessa rakenteessa ja työnaikaisia sekä purettavia rakenteita koskevat samat ohjeet.

### 5.1.3 Esitettävät dokumentit

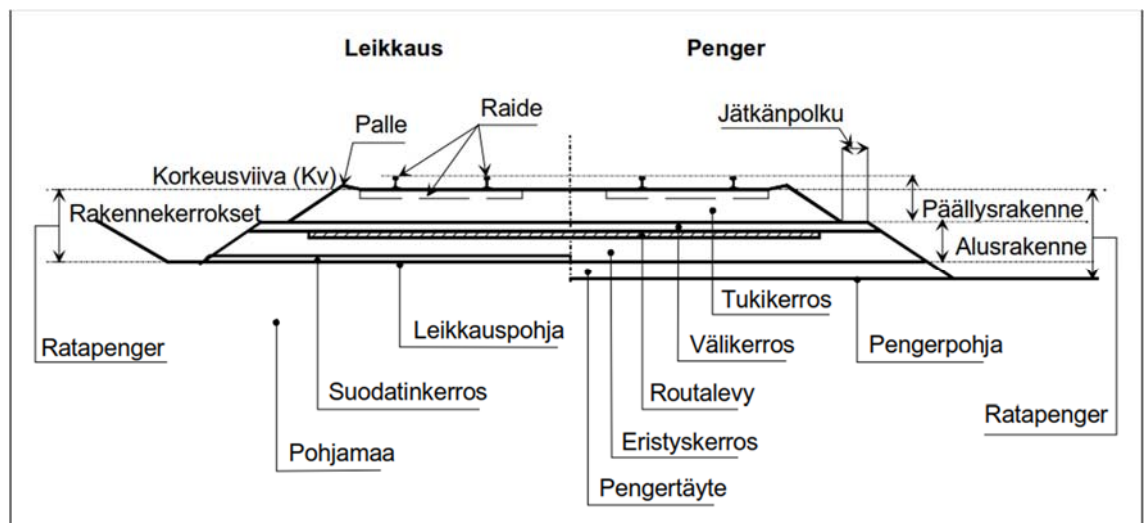
Rekisterien päivitysohjeessa (2007, 97–99) piirustusarkistoon toimitettaviksi dokumenteiksi on ratakankkeiden osalta mainittu:

- Mittapiirustus ja pituusleikkaukset
- Tyypipoikkileikkaukset
- Paalukohtaiset poikkileikkaukset
- Suunnitelma-, aluelunastus-, kuivatus-, ja johtokartat
- Tasoristeyssuunnitelmat
- Rumpusuunnitelmat
- Pohjanvahvistussuunnitelmat

Alkuperäiset suunnitelmat päivitetään toteuman mukaisiksi, joten suunnitelmien rajausta tai mittakaavaa ei muuteta päivityksen yhteydessä.

## 5.2. Tasokuvien sisältö

Tasokuvien sisällön perustana on käytetty esimerkkihankkeita Ylivieska–Tuomiojara-  
radan perusparantaminen, Rantaradan pohjanvahvistukset sekä Sisätön ja Oriveden  
liikennepaikkojen loppudokumentointeja. Projekteihin käytettiin yhteensä 515 työ-  
tuntia vuosien 2016 ja 2017 aikana. Projektien aikana havaitut asiat on esitetty  
jakamalla kappaleet radan päälly- ja alusrakenteeseen, huoltoteihin, tasoristeyksiin,  
vastapenkereisiin ja kuivatukseen.



Kuva 8. Radan rakennekerrokset (RATO 3, 2016)

### 5.2.1 Suunnitelmakartat

Suunnitelmakartalla esitetään yksityiskohtaisesti suhteessa ympäristöön rata ja siihen kuuluvien raide- ja asemajärjestelyjen, rakenteiden sekä laitteiden sijainti. Joissain tapauksissa suuren informaatiomäärän takia on suositeltavaa, että suunnitelmakartan tueksi laaditaan erilliset kuivatus-, putki- ja johtokartat. Tie- ja katu järjestelyjen esittäminen radan suunnitelmakartalla on niin ikään tapauskohtaista, mutta huoltotiet esitetään suunnitelmakartalla, jollei erillisen tiesuunnitelman tekoon ole perusteita. (Ratatekniset piirustusohjeet 2012, 16-17).

Päivitettäessä suunnitelmakarttoja toteutuneen mukaisiksi merkitään selvästi viiteviivoilla, millä radan osilla on tehty toimenpiteitä ja kuinka laajasti. Merkintä voidaan tehdä ilmoittamalla kilometriväli, vaihdeväli tai toimenpiteen laajuus raidemetreissä. Ilmoitettaessa toimenpiteen laajuutta raidemetreissä olisi hyvä sitoa mitan alku- tai loppupiste tarkkaan pisteeseen radassa tai ilmoittaa jommankumman pisteen paalulukema km+m-järjestelmässä. Tarkka piste radalla on esimerkiksi vaihteen etu- ja takajatkos sekä vaihteen matemaattinen piste.

Esimerkkihankkeiden ja Ratateknisten piirustusohjeiden mukaan radan päällysrakenteesta esitetään suunnitelmakartassa uusitut kiskot, niiden kiskopainot ja tunnuksot, uusitut pölkyt ja pölkytysryhmä sekä uusittu tukikerros. (RAMO 11 2002, 6; Ratatekniset piirustusohjeet 2012, 17).

Radan alusrakenteella tarkoitetaan radan välikerrosta, eristyskerrosta ja mahdollista routalevyä sekä suodatinkerrosta. Alusrakenteesta esitetään suunnitelmakartalla rakennetut rakennekerrokset paksuuksineen, toteutuneet pengert- ja luiskakaltevuudet, toteutuneet massanvaihdot ja routalevytykset sekä pohjanvahvistukset. (Ratatekniset piirustusohjeet 2012, 18; RATO 3 2016, 6).

Huoltotiellä tarkoitetaan tietä, jota käytetään radan ja sen laitteiden sekä varusteiden kunnossapitoon. Rakennetusta huoltotiestä dokumentoidaan tien toteutunut linjaus ja leveys ratasuunnitelman suunnitelmakarttaan ja erilliseen tiesuunnitelmaan, jos sellainen on laadittu. (Ratatekniset piirustusohjeet 2012, 17-19).

Kuivatuksen osalta piirretään mittaustietojen perusteella asennetut putket, rummut, kaivot ja salaojat sekä ojat. Putkien ja salaojien kohdalla merkitään putkimateriaali ja koko, sijainti, korkeustiedot, virtauksen suunta ja kaivojen sijainnit korkeustietoineen. Ojista piirretään vesijuoksu korkeustietoineen, virtauksen suunta ja sijainti. Rumpu esitetään rummun karttasymbolilla, jonka lisäksi siihen liitetään kummankin pään vesijuoksun korkeus ja virtaussuunta. Kuivatussuunnitelmat päivitetään vastaamaan toteutunutta samojen periaatteiden mukaan, jos ne on erikseen laadittu. (InfraRYL 2010, litterat 14311.5, 14330.5; Ratatekniset piirustusohjeet 2012, 17-18, 20, 21, 23).

Vaihteiden kohdalla ilmaistaan viiteviivalla suunnitelmakartassa sovituskiskon sijainti ja pituus, jos vaihtealueelle ei vaihdeta uusia kiskoja. Vaihtealueen uudelleen kiskotus ja alueen pituus ilmaistaan viiteviivalla. Piirustuksiin merkitään vaihteen tunnus. (Ratatekniset piirustusohjeet 2012, 18, 21; RATO 4 2013, 23).

Vastapenkereellä tarkoitetaan varsinaisen penkereen viereen rakennettua pengertä, joka vakauttaa varsinaista pengertä toimimalla sille vastapainona. Vastapenger esitetään muodostamalla mittausaineistosta penkereen rajat ja rajojen muodostama alue voidaan rasteroida. Rasterin päälle voi asettaa korkeustietoja. (Tiehallinto 2003; Rata-tekniiset piirustusohjeet 2012, 18, 22, 23).

Suunnitelmakartassa pitää esittää näiden lisäksi kaikki Ratateknisten piirustusohjeiden suunnitelmakartalta vaatimat asiat päivitettyinä toteutuneiksi. Kantavuusmittaukset on taulukoiden sijaan selkeämpi esittää kartalla. Työn aikaisiksi tarkoitetut ja työn tekemistä kuvaavat suunnitelmat voi jättää toteumapiirustuksista pois, jos niissä esitetyt ratkaisut on poistettu valmiista kohteesta. Toteumapiirustusten tehtävä on kuvata kohdetta valmiina. Esimerkkipiirustuksia on liitteessä 1. (Rekisterien päivitysohje 2007, 96; Radan suunnitteluohje 2008, 70; Brunnila, 2018).

### 5.2.2 Pituusleikkaus

Pituusleikkauksessa esitetään radan korkeusasema ja korkeusviivan geometrinen mitoitus, vaakageometria ja kallistustiedot. Pituusleikkauksessa voidaan esittää myös muun muassa keskeisimmät päällys- ja alusrakenteeseen liittyvät tiedot ja kuivatus-tiedot. (Rata-tekniiset piirustusohjeet 2012, 21).

Toteutuneiden rakennekerrosten paksuus ja alue, joilta rakennekerrokset on uusittu, esitetään pituusleikkauksessa rakennekerroksen pohjaa kuvaavana janana. Pituusleikkauksen raidekaavio päivitetään vastaamaan toteutunutta, esimerkiksi raiteiden nimet ja kiskopainot, vaihteiden sijainti ja tunnuksat sekä vaihteiden matemaattisten pisteiden sijainti km+m järjestelmässä päivitetään toteutuneiksi. (Rata-tekniiset piirustusohjeet 2012, 22).

Pituusleikkaukseen merkitään toteutunut kuivatus. Pituusleikkauksen sivuojakaavio päivitetään toteutuneeksi ja toteutuneet putket sekä salaojat voidaan piirtää pituusleikkaukseen. Putkista ja salaojista merkitään näkyviin koko ja tyyppi sekä korkeudet. Rummut esitetään rummun symbolilla ja siitä esitettävät tiedot ovat sijainti km+m-järjestelmässä, tyyppi ja korkeudet. Raidegeometriatietoja ei muuteta, jollei geometrialaskija ole tehnyt muutoksia. (Rata-tekniiset piirustusohjeet 2012, 22).

Vaihteiden kohdalla ilmaistaan viiteviivalla tai janalla sovituskiskon sijainti ja pituus, jos vaihdealueelle ei vaihdeta uusia kiskoja. Jos vaihdealue kiskotetaan uudestaan, niin alueen pituus ja kiskotyyppi merkitään janalla pituusleikkaukseen. Piirustuksiin merkitään vaihteen tunnus. (Rata-tekniiset piirustusohjeet 2012, 18, 22; RATO 14 2016, 24).

Pituusleikkauksessa esitetään toteutuneet siirtymäkiilat, massanvaihdot, rakennekerrokset, routasuojaukset ja pohjanvahvistukset. Vastapenger voidaan piirtää janana, joka ilmaisee penkereen sijainnin km+m järjestelmässä. Pituusleikkaukseen piirretään kaikki radan ali kulkevat varusteet ja laitteet sekä mahdollisesti esiin kaivettu ja mitattu kallionpinta. (Rata-tekniiset piirustusohjeet 2012, 21-22). Esimerkkipiirustus liitteessä 4.

### 5.2.3 Mittapiirustus

Mittapiirustuksella kuvataan raiteiston sijaintia ja raidegeometriaa. Tilanteesta riippuen mittapiirustus voi korvata suunnitelmakartan. Tällaisessa tilanteessa mittapiirustuksessa esitetään suunnitelmakartassa vaaditut asiat. (Rata-tekniiset piirustusohjeet 2012, 19).

Mittapiirustuksessa esitetään uusitut vaihteet tyyppimerkintöineen sekä vaihdenumeroineen ja uusitut kiskot kiskonumeroineen ja -painoineen. Rakennetut tasoristeykset esitetään mittapiirustuksessa. Raidegeometriatietoja ei muuteta, jollei mittapiirustukseen ole tehty muutosta geometrialaskijan toimesta. (Ratatekniset piirustusohjeet 2012, 19). Esimerkkipiirustus liitteessä 2.

#### 5.2.4 Tyypipoikkileikkaukset ja paalukohtaiset poikkileikkaukset

Tyypipoikkileikkauksella täydennetään RATO 3:ssa esitettyjä radan normaalipoikkileikkauksia ja siinä esitetään suunnittelussa käytettävät normaalipoikkileikkaukset ja rakenneratkaisut. Yksityiskohtaiset rakenteet esitetään paalukohtaisissa poikkileikkauksissa. (Ratatekniset piirustusohjeet 2012, 23).

Paalukohtaiset poikkileikkaukset laaditaan määrävälein radasta. Poikkileikkaukset voivat olla esimerkiksi 20 metrin välein esitettäviä radan poikkileikkauksia, joissa esitetään yksityiskohtaiset rakenneratkaisut. (Ratatekniset piirustusohjeet 2012, 30).

Tyypipoikkileikkauksessa esitetään yleisluontoisesti radan poikkileikkauksen toteutuneet mitat, raiteiden numerot, sijainnit ja raidevälit. Rakennekerrosten toteutuneet mitat, materiaalit, kaltevuudet ja paksuudet sekä huoltotiet, vastapenkereet, kuivatus, pohjanvahvistukset ja radan laitteet ja varusteet esitetään myös tyypipoikkileikkauksessa toteutuneen mukaisesti. (Ratatekniset piirustusohjeet 2012, 23).

Paalukohtaisissa poikkileikkauksissa esitetään samat asiat kuin tyypipoikkileikkauksessa, mutta yleisluontoisuuden sijasta tehdyt toimenpiteet kuvataan yksityiskohtaisesti jokaiselta määritellyltä paalulta. Esimerkkipiirustuksia on liitteessä 6. (Ratatekniset piirustusohjeet 2012, 30).

#### 5.2.5 Rumpusuunnitelmat

Rummulla tarkoitetaan putkea, jonka sisähalkaisija on välillä 300-2000 mm ja se alittaa tien tai radan. Rumpusuunnitelmat päivitetään mittaustietojen mukaan rakennettua vastaaviksi. Suunnitelmaan päivitetään rummun ylä- ja alajuoksun korkeudet vesijuoksusta mitattuna ja sijainti xyz-koordinaatistossa. Rummun pituus, materiaali sekä halkaisija, rakennekerrosten vahvuus ja materiaalit, sekä eroosiosuojauksen materiaalit ja laajuus esitetään piirustuksissa. Piirustuksiin merkitään veden virtaussuunta ja alkuperäinen rumpu, jos se jätetään paikoilleen. Mahdolliset pohjanvahvistukset merkitään. (InfraRYL 2010, littera 14340.5; Ratatekniset piirustusohjeet 2012, 20; Liikennevirasto 2013, 9).

Rummut esitetään myös rakentamissuunnitelmissa. Suunnitelmat, joihin rummut merkataan, ovat suunnitelmakartta, poikkileikkaukset ja pituusleikkaukset. Suunnitelmapakettiin rumpu merkataan rummun symbolilla ja tiedoksi asetetaan rummun vesijuoksun korkeus ylä- ja alajuoksulla ja pituus. Rumpu piirretään mittausaineiston osoittamaan paikkaan ja siihen merkataan veden virtaussuunta. Poikkileikkaukset rummusta on tehty rumpusuunnitelman yhteydessä. Pituusleikkaukseen merkitään rumpu toteutuneelle paikalle. Esimerkkipiirustuksia on liitteessä 3. (InfraRYL 2010, 14340.5; Ratatekniset piirustusohjeet 2012, 20, 22).

### 5.2.6 Routasuojaussuunnitelmat

Routasuojauksella estetään radan routiminen ja siitä aiheutuvia haittoja liikenteelle sekä pienennetään radan rakennekerroksia (RATO 3 2016, 6). Routasuojaussuunnitelmista päivitetään toteutuneiksi asennettujen levyjen määrät ja sijainnit, siirtymäkiilojen mitat ja sijainnit sekä käytettyjen routalevyjen tyyppi. Jos routasuojauksesta on laadittu poikkileikkaukset, nekin päivitetään toteutuneiksi. Poikkileikkauksiin merkitään asennetun routalevyn paksuus, mitat ja sijainti. (Ratatekniset piirustusohjeet 2012, 31). Esimerkkipiirustuksia on liitteessä 5.

### 5.2.7 Tasoristeyssuunnitelmat

Tasoristeyksessä rata ja tie risteävät samassa tasossa. Tasoristeyksestä dokumentoidaan poikkileikkauksiin tasoristeyksen kannen materiaali ja paksuus, rakennekerrokset ja materiaalit ja radan pölkyn materiaali sekä tukikerroksen paksuus ja materiaali. Suunnitelmakarttaan päivitetään toteutunut risteyskulma, tasoristeyksen sijainti, odotustasanteen pituus ja kannen materiaali. Mittapiirustukseen ja pituusleikkaukseen merkitään tasoristeyksen sijainti ratateknisten piirustusohjeiden mukaisesti. (RATO 9 2004, 5, 11; Rekisterien päivitysohje 2007, liite 8; Ratatekniset piirustusohjeet 2012, 19, 22, 23). Esimerkkipiirustuksia on liitteessä 7.

## 6 Toteumamalli

Toteumamalli laaditaan Yleisten inframallivaatimusten (YIV2015) julkaisun 5.3 Maanrakennustöiden toteumamallin laadintaohjeen (Palviainen 2015) ja Yleiset inframallivaatimukset osa 2 Yleiset mallivaatimukset (Kemppainen, Liukas 2015) mukaan. Tässä kappaleessa ehdotetaan tarkennuksia Yleisten inframallivaatimusten osaa 5.3 ratarakenteiden osalta. Ehdotukset perustuvat kokemuseräiseen tietoon ja Ratahallintokeskuksen julkaiseman Rekisterien päivitysohjeen (2007) antamiin vaatimuksiin.

Mallit kirjoitetaan sovittuun avoimeen formaattiin, joita ovat esimerkiksi LandXML tai Inframodel 3, luovutusta varten. Malli luovutetaan tilaajalle myös ohjelmiston omassa natiiviformaatissa. Mallin tietosisältö koodataan InfraBIM-nimikkeistön mukaan. Luovutettava toteumamalli koostuu taiteviivoista, pisteistä ja näistä tehdyistä kolmioista sekä alkuperäisessä muodossaan olevasta mallista. (Kemppainen, Liukas 2015; Palviainen 2015).

Valmiista toteumamallista laaditaan YIV 5.3:n mukainen (Palviainen 2015) toteumamalliselostus, jossa esitetään:

- Rakennushankkeen nimi ja sijainti
- Mallin laatija
- Ohjelmisto, jolla malli on luotu
- Mallin formaatti
- Koordinaatti ja korkeusjärjestelmä
- Perustelut poikkeamille
- Koordinaatti- ja korkeusjärjestelmä
- Toteumamallin tiedostojen nimet
- Toteumamallin sisällön kuvaus (Esim. käytetty pölkkytyyppi, kiskopaino, kiskojen kiinnitystyyppi)

Ratahallintokeskuksen Rekisterien päivitysohjeen (2007) loppudokumenttivaatimusten perusteella toteumamalliselostukseen pitää lisätä:

- Mallinnettujen kohteiden rataosnumero
- Kohteiden sijainti km+m järjestelmässä tai vaihdeväli
- Tasoristeyksen kannen materiaali

Ratarakenteiden toteumamallintamisen aineistona toimii Rantaradan pohjanvahvistusten toteumamallintaminen Paimio–Piikkiö välillä. Hankkeen kustannusarvio oli 27,5 miljoonaa euroa ja käytin toteumamallintamiseen työtunteja 310 vuonna 2016. Työ käsitti päällysrakenteen, putkitusten, täyttöjen, kaivantojen, pilaristabilointien, ponttiseinien ja ratarumpujen mallintamisen kuuden kilometrin rataosuudelta. Työstä luovutettiin tilaajalle mallin pohjalta tulostetut tasopiirustukset ja poikkileikkaukset.

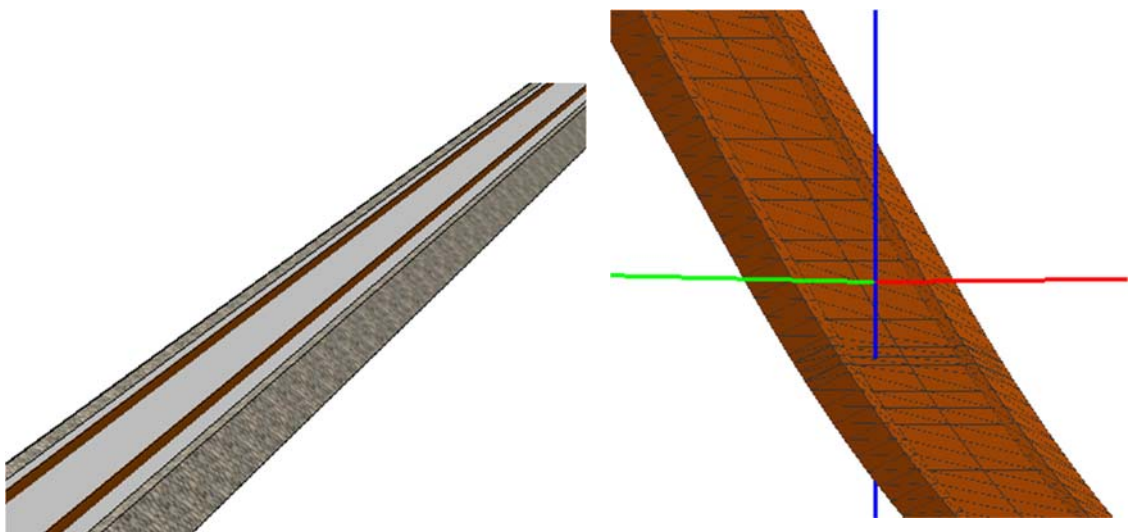


## 6.1. Radan päällysrakenne

Päällysrakenteen geometriana käytetään geometriasuunnittelijan laskemaa mittalinja ja laatuvaatimusten mukaan tehdyn päällysrakenteen toteutusmalli muuttuu toteumamalliksi. Tukikerros mallinnetaan tukikerroksen normaalipoikkileikkauksen mukaan, jos mittaustietoja ei ole saatavilla. Tarke- ja toteumamitatut tukikerroksen mitat lisätään malliin pituusmittauspaalun kohdalla ja paalujen välillä mallinnusohjelma laskee interpoloimalla tukikerroksen mitat.

Pölkkyjä ei mallinneta vaan mahdollisuuksien mukaan pölkyn ja kiskon kiinnitystyyppi merkitään metatietoina malliin. Tällä hetkellä tietojen lisääminen ei ole mahdollista Civilpoint Oy:n maahantuomissa ohjelmissa (Tekla, Novapoint), mutta ominaisuus voi olla tulossa inframodel 4 -formaattiin (Louhi 2018). Ratapölkyn ja kiskon kiinnitystyyppiä tarvitaan ratarekisterin päivityksessä, joten mallista saatava tieto helpottaa päivitystyötä.

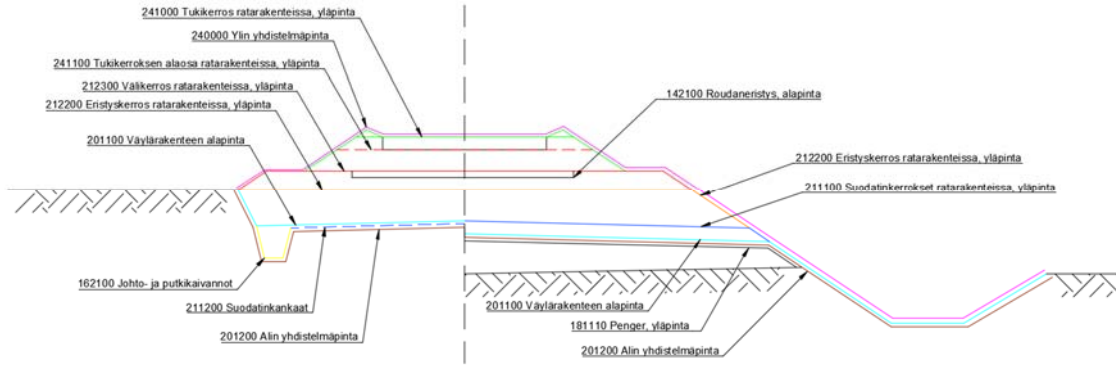
Kiskot mallinnetaan mallinnusohjelman oletuksen mukaisesti, kiskopaino asetetaan toteutuneeksi. Päällysrakenteen mallinnus on ainakin mahdollista tehdä ohjelmistoilla Novapoint ja Tekla Civil.



Kuva 9. Radan päällysrakenne mallinnettuna Novapointissa vasemmalla ja siitä tulostettu toteumamalli oikealla.

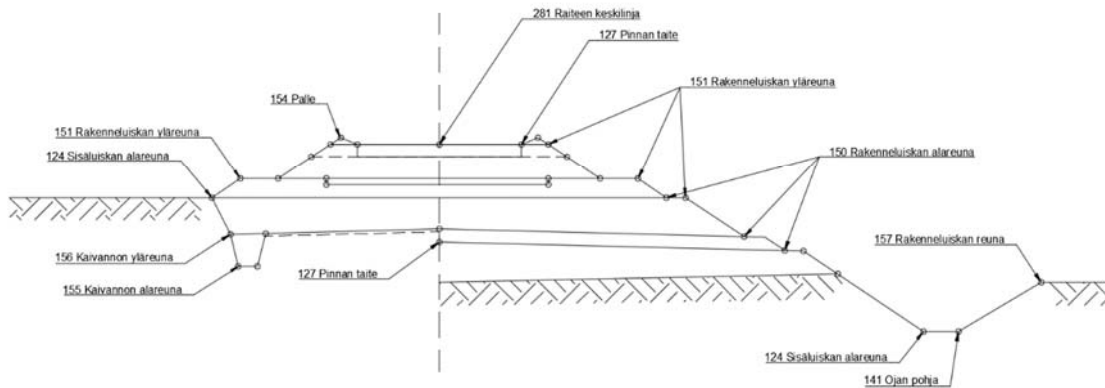
## 6.2. Radan alusrakenne

Radan alusrakenteesta mallinnetaan alin yhdistelmäpinta, joka tarkoittaa maaleikkauksen tai -kaivannon alapintaa tai louhepenkereen sekä maapenkereen yläpintaa. Alin yhdistelmäpinta muodostetaan mittaustuloksista tehdystä kolmioverkosta. Alimman yhdistelmäpinnan lisäksi mallinnetaan toteutuneet rakennekerrokset muodostamalla rakenteen yläpinnan mittaustuloksista kolmioverkko. Siirtymäkiiloista mitataan pohja ja reunat, joista tehdään samalla tavalla kolmioimalla toteumamallit. (Palviainen 2015).

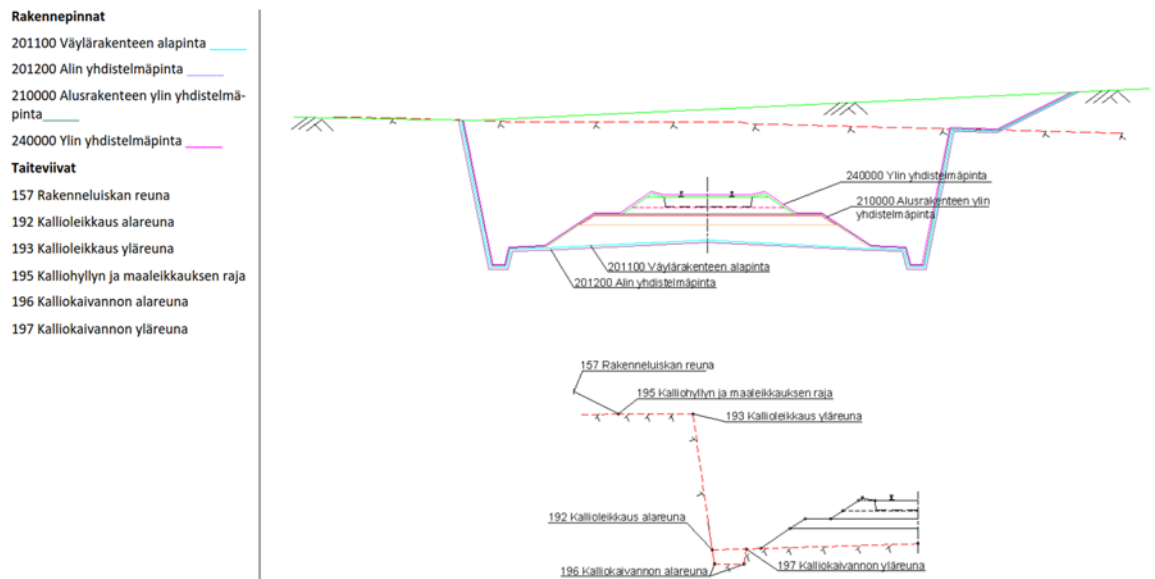


Kuva 10. Radan rakennepinnat nimikkeittäin (Mukaillen InfraBIM-nimikkeistöä 2015)

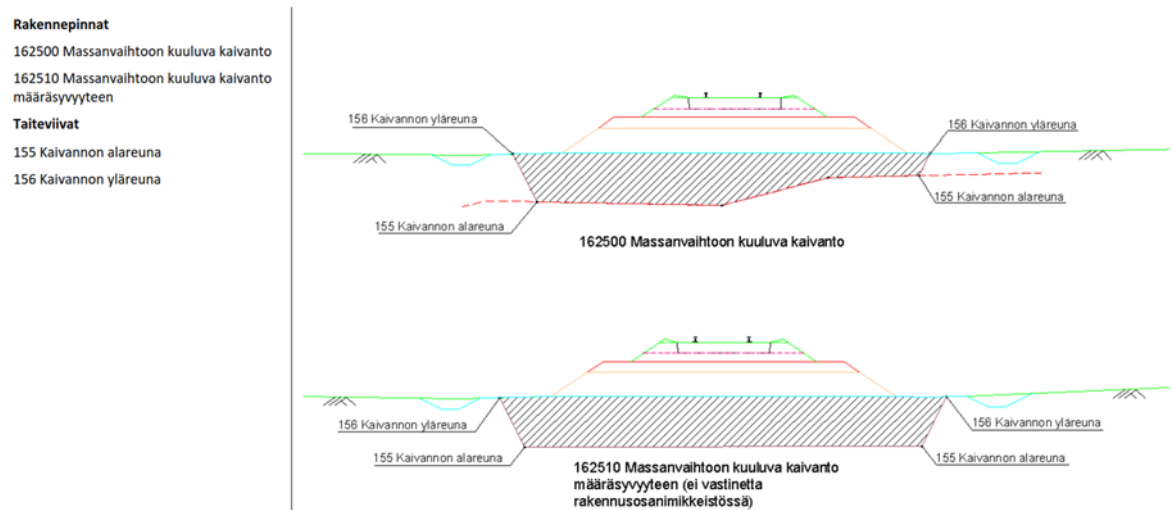
Alusrakenteessa oleva routalevy mallinnetaan tekemällä kolmioverkko routalevyn yläpinnasta. Rummut, putket ja johdot, jotka menevät radan alusrakenteen läpi mallinnetaan taiteviivana tai 3D objekteina (Karjalainen 2015, 5). Massanvaihdon toteutumamallina toimii mittauspisteistä kolmioitu kaukalomainen muoto (Palviainen 2015, 14).



Kuva 11. Radan taiteviivat (Mukaillen InfraBIM-nimikkeistöä 2015)



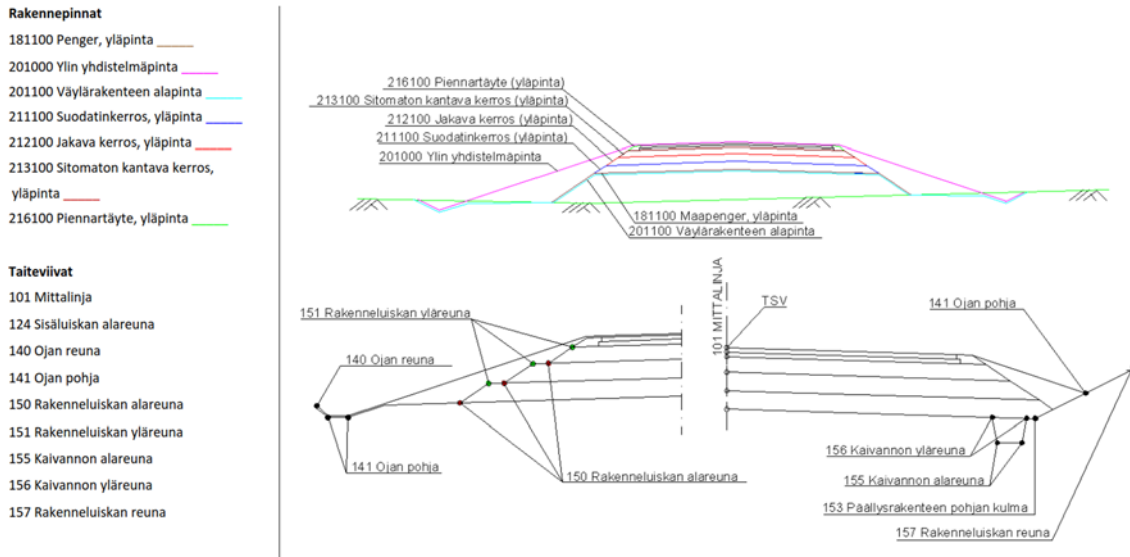
Kuva 12. Kallioleikkauksen rakennepinnat ja taiteviivat. (InfraBIM-nimikkeistö 2015, 24)



Kuva 13 Massanvaihdon nimikkeistö (InfraBIM-nimikkeistö 2015, 25)

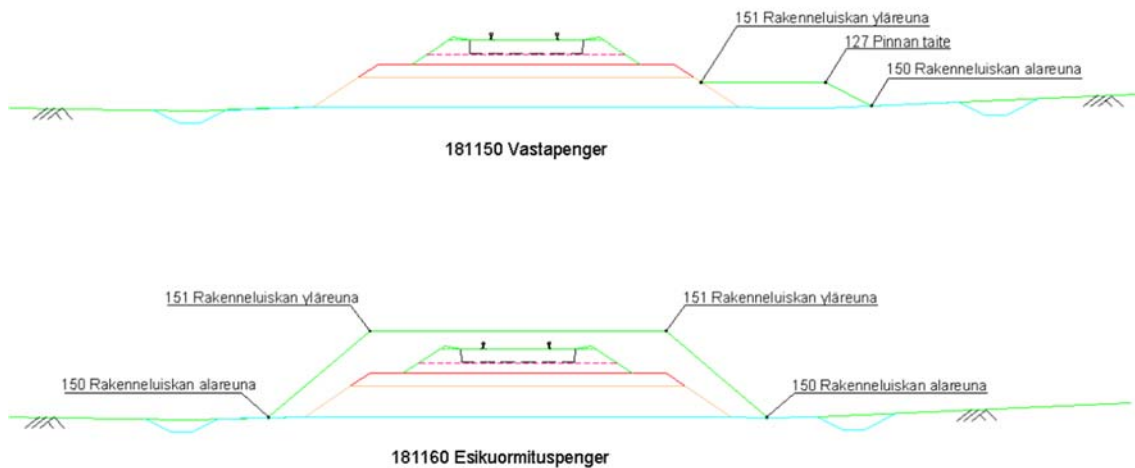
## 6.3. Huoltotiet, tasoristeykset ja vastapenkereet

Huoltoteistä mallinnetaan ylin yhdistelmäpinta, eli rakentamisen jälkeen näkyviin jäävä pinta. Huoltotien mitatuista pisteistä muodostetaan kolmioverkko, joka toimii tien toteumamallina. Tien vähäisen merkityksen vuoksi tien kallistuksesta ja rakennekerrosmateriaalista ei tarvitse olla tietoa. Huoltotien rakentamisen periaatteena on, että käytettävät massat ovat radan rakentamisesta syntyviä massoja. (Liikennevirasto 2012, 18, 19; Palviainen 2015, 13).



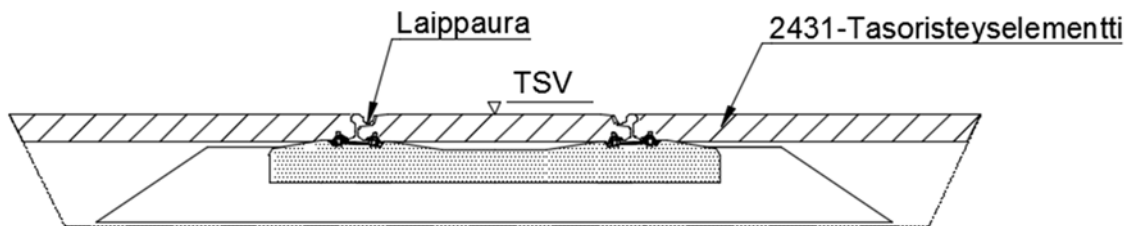
Kuva 14. Tierakenteen nimikkeistö ja taiteviivat (InfraBIM-nimikkeistö 2015, 8)

Vastapenkereestä mallinnetaan mitattu pinta muodostamalla siitä kolmioverkko. Huoltotie voi myös toimia vastapenkereenä.



Kuva 15. Penkereiden nimikkeistö ja taiteviivat (InfraBIM-nimikkeistö 2015, 26)

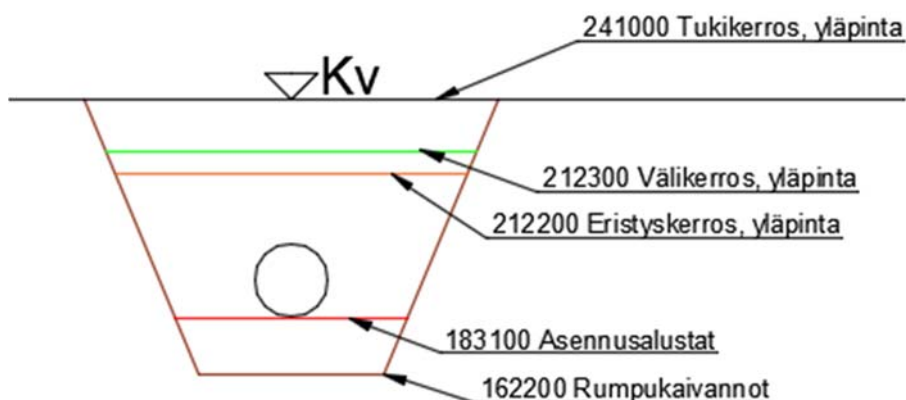
Tasoristeyksistä mallinnetaan tasoristeyselementti luomalla aineiston perusteella kolmioverkko. Tasoristeyksen odotustasanne mallinnetaan mittausaineiston perusteella kolmioverkkona. Metatietovaatimukset ovat tasoristeyksrekisterin mukaiset ratalaji, rai delaji, tielaji, liikennemerkki, tievaroitustyyppi, kannen pituus ja risteys kulma, junan nopeus tasoristeyksessä, odotusanteen kaltevuus, näkemäluokka, juna liikennemäärä, kevyt liikenne ja kansirakennetyyppi (Rekisterien päivitysohje 2007, Liite 8).



Kuva 16. Tasoristeuselementti (Infra 2015 Rakennusosa- ja hankenimikkeistö 2015, 100)

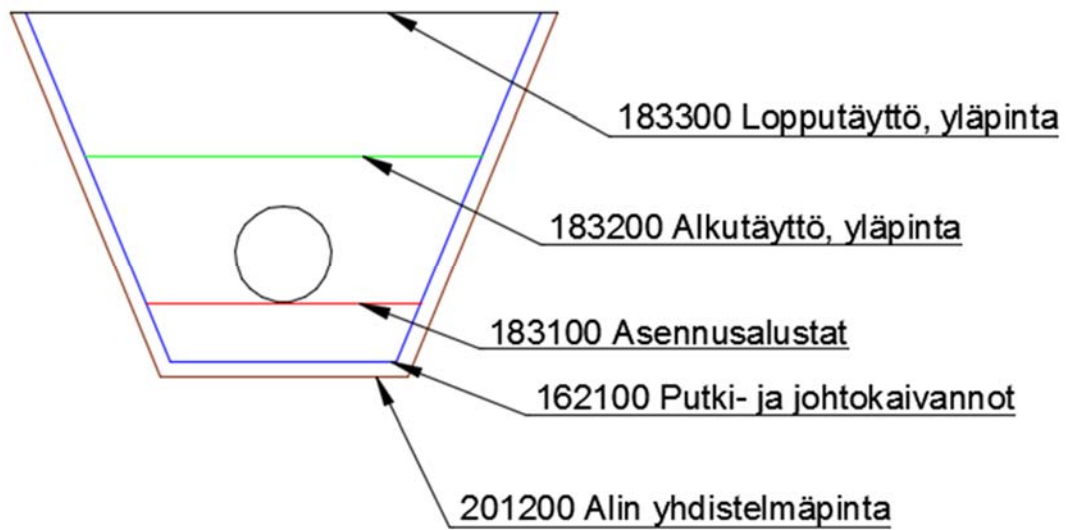
## 6.4. Rummut ja kuivatus

Rumpukaivannot ja rakennekerrokset mallinnetaan luomalla mittausaineiston pisteistä ja viivoista kolmioverkko. Pinnat koodataan infraBIM-nimikkeistön mukaisesti. Rumpuputki mallinnetaan vesijuoksun mukaisena viivana, jonka metatietoihin kirjataan rummun ominaisuudet alku- ja loppukoordinaatti, lujuusluokka, materiaalityyppi, pituus ja rakennuspäivä. Tarvittaessa rummista tehdään 3D-objektia. (Karjalainen 2015, 5-6; Palviainen 2015, 10).



Kuva 17. Esimerkki rumpurakenteen nimikkeistöstä (InfraBIM-nimikkeistö 2015)

Putki- ja johtokaivannoista mallinnetaan kaivannon luiskat ja pohja, mahdollisen väylärakenteen alin yhdistelmäpinta ja rakennekerrokset. Mallinnus tehdään kolmioimalla mittausaineiston pisteet ja viivat. Kaivantoon sijoitetut varusteet mallinnetaan viivoina ja pisteinä. Viettoviemärit ja hulevesiputket mallinnetaan vesijuoksusta, kun taas paineviemärit, vesijohdot ja kaapelit mallinnetaan yläpinnastaan. Metatiedoissa ilmoitetaan kaapelien osalta omistaja, tyyppi, peitesyvyys ja turvaetäisyys. Putkien osalta mainitaan seuraavat perustiedot linjan nimi, lähtö- ja päätepiste, pituus, kaltevuus, tila, kuvaus, materiaali ja materiaalityyppi. Lisäksi mainitaan ominaisuustiedot, joita ovat putkikoodi, alku- ja loppukoordinaatti, liitostyyppi, lujuusluokka, paineluokka ja rakennuspäivä. (Karjalainen 2015, 5-6, 16; Palviainen 2015, 10).



Kuva 18. Esimerkki putki- ja johtokaivantojen nimikkeistöstä (InfraBIM-nimikkeistö 2015)

Avo-ojista tai -uomista mallinnetaan pohja ja luiskat mittausaineiston pisteiden ja viivojen perusteella. Ojat ja uomat koodataan 143400. Jos ei ole aikaa tai tarpeellista mallintaa pintoja, xyz-koordinaatistossa oleva viivamalli on täysin pätevä. (InfraBIM-nimikkeistö 2015; Brotherus ym. 2015, 16).

## 7 Ohjeita ja selvityksiä toteumapiirustusten teosta ja toteumamallinnuksesta

Rekisterien päivitysohjeessa (Ratahallintokeskus 2007) kappaleissa 5.1 ja 5.2 on kuvattu toteumapiirustusten tarkoitus ja sisällön yleisperiaate. Kappaleessa on myös kuvattu eri toimijoiden vastuut ja velvollisuudet toteumapiirustusten teossa sekä mainitaan arkiston toiminta toteumapiirustusten vastaanotossa. Radan suunnitteluohjeessa (Ratahallintokeskus 2008) on mainittu lyhyesti sivulla 70 toteumapiirustusten teon yleisperiaatteista.

Toteumamallintamista ohjaavaa ohjeistusta ovat Yleiset inframallivaatimukset 2015 osa 5.3 Maanrakennustöiden toteumamallin laadintaohje (Palviainen 2015) ja Liikenneviraston ohjeita 12/2017 Tie- ja ratahankkeiden inframalliohje. Tie- ja ratahankkeiden inframalliohjeessa toteumamallintamista käsitellään kappaleessa 3.6.2 suppeasti verrattuna Yleisiin inframallivaatimuksiin.

Yleisten inframallivaatimusten osa 5.3 käy toteumamallin teon esimerkkien avulla läpi. Ohje suuntautuu kuitenkin vahvasti tiepuolelle eikä ota kantaan muun muassa routalevytykseen ja radan päällysrakenteeseen. Julkaisun termistö ei vastaa jokaisessa kohdassa ratahankkeen termistöä eikä rakenteessa olevia järjestelmiä ja varusteita ole huomioitu ohjeessa. Näitä ovat esimerkiksi kuivatus, putket ja kaapelit. Tämän takia olisi suositeltavaa, että ratahankkeen toteumamallinnuksesta laadittaisiin oma ohjeistus, jossa olisi esiteltynä ratarakenteiden lisäksi järjestelmien mallinnus.

Toteumamallintamisesta ja sen perusteella tehdystä digitaalisesta luovutusaineistosta on julkaistu pilottihankkeen loppuraportti, johon on kerätty kokemuksia ja ohjeistusta digitaalisen luovutusaineiston laatimiseen. Julkaisu on Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 15/2017 Digitaalinen luovutusaineisto. Loppuraportissa on osittain samoja johtopäätöksiä kuin tässä opinnäytetyössä. Näitä johtopäätöksiä ovat esimerkiksi toimintatapojen yhtenäistäminen, selkeä ohjeistus tiedon toimittamisesta ja yhden yksiselitteisen ohjeen laatiminen jokaiselle hankeosalle, esimerkiksi tässä tapauksessa yhden toteumamalliohjeen laatiminen, joka pitää sisällään kaikki ratahankkeen rakenteet ja järjestelmät.

## 8 Kehitysehdotuksia

### 8.1. Esimerkkiprojektien perusteella tehdyt havainnot

Rautatiehankkeen toteumamallintamisesta olisi hyvä saada pilottihanke, jonka perusteella tehtäisiin tarkempi ohjeistus radan toteumamallintamisesta. Yleiset inframallivaatimukset on laadittu tiehankkeen näkökulmasta ja tämän takia se on liian yleispiirteinen rautatiehankkeessa käytettäväksi. Tässä työssä käytetty toteumamalli palveli ainoastaan suunnittelijaa, eikä mallia ikinä muutettu InfraModel 3 vaatimuksia vastaavaksi tai luovutettu tilaajalle. Pilottihankkeen taustalla olisi suositeltavaa käyttää Yleisiä inframallivaatimuksia, Liikenneviraston julkaisua 15/2017 Digitaalinen luovutusaineisto sekä Liikenneviraston ohjetta 12/2017 Tie- ja ratahankkeiden inframalliohje ja näiden perusteella tehtäisiin yhteenvetojulkaisu hankkeen lopuksi. Julkaisu toimisi ohjeena ratahankkeen toteumamallin luomiselle.

Pienissä hankkeissa olisi suotavaa luovuttaa toteumakuvien tekijälle mittaustiedot alkuperäisformaattissa. Nykyään hankkeiden päätyttyä puhtaaksi piirrettäviksi tulee suunnitelmia pdf-muodossa, joihin on piirretty piirtotyökalulla tai punaisella kynällä tehdyt muutokset. Tällä tavalla saatu tieto ei ole tarkkaa eikä käyttökelpoista.

Jokaisen hankkeen alussa määritellään, missä muodossa ja miten tieto luovutetaan loppudokumentoinnin tekijälle. Pdf-muotoa ja taulukoita olisi syytä välttää, koska niiden käsittely on hidasta ja voi aiheuttaa ongelmia tiedon laadun suhteen.

Toteumadokumenttien laatijan ollessa joku muu kuin kohteen suunnittelija, tulee suunnittelussa käytetyt alkuperäisessä muodossaan olevat suunnitelmat luovuttaa valmiiden suunnitelmien mukana. Alkuperäisessä muodossaan olevien suunnitelmien täytyy saavuttaa toteumadokumenttien tekijä.

### 8.2. Haastatteluissa ilmi tulleet kehitysehdotukset

Mittatiedostoa käsittelee yksi ja sama henkilö mahdollisimman pitkälle ennen eteenpäin lähettämistä. Tiedostoa käsittelevä henkilö huolehtii, että kaikki taiteviivat ja pinnat on koodattu oikein ja dwg-piirustuksessa ei ole mitään 0-tasolla. Mittatiedostot lähetetään toteumakuvia tai -mallia tekevälle henkilölle alkuperäisessä formaatissa projektipankin tai sähköpostin avulla. (Kiviniemi, Viinikka 2018).

Mittatiedon lisäksi 360° valokuvat ja videot lisäävät aineiston tietosisältöä johtojen ja putkien osalta. Kuviin ja videoihin on koodattuna näkyvien rakenteiden kohdalle mitä ne ovat ja minne ne menevät (Viinikka 2018). Kantavuusmittaukset ovat selkeämpiä graafisesti kartalla esitettyinä kuin taulukoina. Esimerkiksi mittauspiste merkitään kartalle ja sen vieressä on ilmoitettu värikoodilla ja kirjallisesti, onko tulos riittävä (Brunila, 2018).



Toteutuneen ja suunnitellun rakenteen vertaaminen kartta- tai poikkileikkausnäky-  
mässä antaa lisää tietoa toteutuneesta rakenteesta. Vertailusta kannattaa tehdä koko-  
naan oma tiedostonsa, jonka voi liittää osaksi laatuaineistoa. Jokaisesta rakenteesta  
sitä ei kannata tehdä, mutta esimerkiksi rakenne, joka on muuttunut paljon suunnitel-  
lusta, erottuu paremmin vertailun avulla. Karttatasoinen vertailu onnistuu helposti,  
mutta poikkileikkausten vertailu on vaikeaa Novapoint-ohjelmistoilla. Tämän takia oh-  
jelmistoon voisi tehdä vertailua helpottavan toiminnon. (Kiviniemi 2018).

Ryhmähaastattelussa nousi esiin tarve tarkepisteiden ja toteumapisteiden tarkem-  
malle määrittelylle. Uudella tarkepisteellä tarkoitettaisiin esimerkiksi taitorakenteista,  
järjestelmistä ja laitteista GNSS-laitteella tai takymetrillä mitattua pistettä. Toteuma-  
pisteen lisäksi otettaisiin käyttöön toteumatarke. Toteumatarkepiste olisi rakenne-  
tusta maarakenteesta, esimerkiksi välikerroksesta GNSS-laitteella tai takymetrillä mi-  
tattu piste, joka kuvaa toteutunutta rakennetta. Toteumapisteen määritelmä pysyisi  
entisellään. Tämä järjestely helpottaisi mittaustiedon hallinnointia, koska ei tarvitsisi  
eritellä tarkepisteitä ja toteumapisteitä erikseen maarakenteen laadusta puhuttaessa  
vaan kumpaakin kutsuttaisiin toteumapisteeksi. (Palviainen 2015, 5; Kaihia, Kiviniemi  
2018).

## 9 Pohdinta

Toteumapiirustusten tekoon käytetty työpanos, aika ja raha valuvat hukkaan, jos toteumatietoa ei saada eteenpäin arkistoista. Lähtötietona toteumatieto on hyvinkin arvokasta, koska sen perusteella voidaan karsia maastokäyntejä, arvioida ennakkoon mahdollisia ongelmia ja uuden hankkeen alussa selkeä kuva tehdystä työstä vähentää yllätysten määrää.

Toteumatiedon toimittamisessa työmaalta toteumapiirustusten tekijälle ilmenneet ongelmat voivat todennäköisesti olla peruja dokumenttipohjaisen luovutusaineiston käytöstä. Paperisena luovutettavat laatukansiot eivät kannusta säilömään tietoa digitaalisena alkuperäisessä muodossaan, koska kahden erillisen aineiston ylläpito on työlästä. Työnjohdon on helpompaa tilata mittatieto suoraan laatukansioon kelpaavassa muodossa kuin alkaa käsitellä alkuperäisessä formaatissa olevaa tietoa. Esimerkiksi tämän takia toteumapiirustusten tekoon toimitettava tieto voi olla pdf-tiedostona. Digitaalisen luovutusaineiston käyttöönoton olettaisi vähentävän toteumatiedon formaatti- ja sisältöongelmia, koska mittaustieto voidaan luovuttaa alkuperäisessä formaatissaan tilaajalle.

Suunnittelussa ja rakentamisessa mallintamiseen käytetty aika, raha ja työpanos valuvat niin ikään hukkaan, jos toteumamallintamista ei oteta käyttöön. Tietoa katoaa siinä vaiheessa, kun toteutusmallin perusteella tehdystä rakenteesta otetaan tarke- ja toteumamitat ja niiden perusteella tehdään tasopiirustukset. Koneohjausjärjestelmät mahdollistavat toteumamallin teon rakennustyön aikana, joten tämän ominaisuuden hyödyntämättä jättäminen hukkaa tietoa ja rahaa. Mallipohjainen työskentely pitäisi tuoda kunnossapitoon ja arkistoitiiin asti, jotta siitä saisi irti parhaimman hyödyn. Ideaalitulanteessa suunnittelija suunnittelee kohteen mallipohjaisesti, suunnittelumallista tehdään toteutusmalli, joka päivitetään toteumamalliksi ja toteumamalli toimisi kunnossapidon ylläpitomallina. Kunnossapitäjä lisää ylläpitomalliinsa tekemänsä muutokset ja luovuttaa ylläpitomallin suunnittelijalle lähtötietomalliksi uuden hankkeen alussa. Tällä tavalla tietoa hukkuu mahdollisimman vähän ja uuden hankkeen alussa tehtäviä mittauksia ja maastokäyntejä voi vähentää.

## Lähteet

Brotherus, V., Dettenborn, T., Harjula, L., Haverinen, H., Horn, F., Hulkonen, N., Kärki, I., Napari, M., Tyynelä, P. Yleiset inframallivaatimukset YIV 2015 Osa 5.1 Rakennus-suunnitelmavaiheen maa-, pohja- ja kalliorakenteet sekä päällys ja pintarakenteet. 2015. BuildingSMART Finland. Luettu 30.2.2018. [https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/YIV2015\\_Mallinnusohjeet\\_OSA5\\_1\\_Maarakenteet\\_V\\_1\\_0.pdf](https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/YIV2015_Mallinnusohjeet_OSA5_1_Maarakenteet_V_1_0.pdf)

Brunnila, P. Laatuinsinööri. 2018. Haastateltu 8.2.2018. Haastattelija Niemelä, A. Tampere.

Henriksson, J. Arkistonhoitaja. 2018. Haastattelu opinnäytetyöhön. Sähköpostiviesti. [Arkisto@liikennevirasto.fi](mailto:Arkisto@liikennevirasto.fi). Luettu 13.2.2018.

Infra 2015 Rakennusosa- ja hankenimikkeistö, Määramittausohje. 2015. Rakennus-tieto Oy. Luettu 15.2.2018. [https://www.rakennustieto.fi/html/liitteet/infraryl/Infra\\_2015\\_Maaramittausohje.pdf](https://www.rakennustieto.fi/html/liitteet/infraryl/Infra_2015_Maaramittausohje.pdf)

InfraBIM-nimikkeistö. 2016. BuildingSMART Finland. Luettu 15.2.2018. [https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/InfraBIM\\_nimikkeisto\\_v1\\_6.pdf](https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/InfraBIM_nimikkeisto_v1_6.pdf)

InfraRYL littera 14340.5 Rumpujen kelpoisuuden osoittaminen. 2009. Rakennustieto. Luettu 4.2.2018. Vaatii käyttöoikeuden. [https://www.rakennustieto.fi/infraryl/extra/teknisetvaatimukset.html.stx?id=TL14330id1397616\\_2009\\_2](https://www.rakennustieto.fi/infraryl/extra/teknisetvaatimukset.html.stx?id=TL14330id1397616_2009_2)

Isohaka, M. Suunnittelija. 2017. Haastattelu 29.9.2017. Haastattelija Niemelä, A. Tampere.

Kaihia, P. Kartoittaja. 2018. Haastateltu 8.2.2018. Haastattelija Niemelä, A. Tampere

Kajama, R. Nuorempi suunnittelija. 2018. Haastattelu 26.1.2018. Haastattelija Niemelä, A. Tampere

Karjalainen, T. 2015. Yleiset inframallivaatimukset YIV 2015 osa 6 Järjestelmät. BuildingSMART Finland. Luettu 5.2.2018. [https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/YIV2015\\_Mallinnusohjeet\\_OSA6\\_Jarjestelmat\\_V\\_1\\_0.pdf](https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/YIV2015_Mallinnusohjeet_OSA6_Jarjestelmat_V_1_0.pdf)

Kiviniemi, A. Suunnittelija. 2018. Haastateltu 8.2.2018. Haastattelija Niemelä, A. Tampere.

Liikenneviraston digitointisuunnitelma. 2014. Liikennevirasto. Luettu 29.2.2018. [https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf8/lr\\_2014\\_liikenneviraston\\_digitointisuunnitelma\\_web.pdf](https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf8/lr_2014_liikenneviraston_digitointisuunnitelma_web.pdf)

Louhi, P. Tukihenkilö. 2018. Haastattelu opinnäytetyöhön. Sähköpostiviesti. [Petri.louhi@civilpoint.fi](mailto:Petri.louhi@civilpoint.fi). Luettu 24.1.2018.

Mäkelä, E. Rakentamisen aluepäällikkö. 2018. Haastateltu 14.11.2017. Haastattelija Niemelä, A. Tampere.

Niskanen, J. Yleiset inframallivaatimukset YIV 2015 osa 1 Tietomallipohjainen hanke. 2015. BuildingSMART Finland. Luettu 5.2.2018. [https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/YIV2015\\_Mallinnusohjeet\\_OSA1\\_Tietomallipohjainen\\_hanke\\_V\\_1\\_0.pdf](https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/YIV2015_Mallinnusohjeet_OSA1_Tietomallipohjainen_hanke_V_1_0.pdf)

Palviainen, P. 2015. Yleiset inframallivaatimukset YIV 2015 Osa 5.3 Maanrakennustöiden toteumamallin laadintaohje koekäyttöön ja pilotointiin. BuildinSMART Finland. Luettu 21.2.2018.  
[https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/YIV2015\\_Mallinnusohjeet\\_OSA5\\_3\\_Maarakennustoiden\\_toteumamallin\\_laadintaohje\\_V\\_0\\_9.pdf](https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/YIV2015_Mallinnusohjeet_OSA5_3_Maarakennustoiden_toteumamallin_laadintaohje_V_0_9.pdf)

Radan suunnitteluohje. 2008. Ratahallintokeskus. Luettu 20.2.2018.  
[https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf4/rhk\\_b20\\_radn\\_suunnitteluohje.pdf](https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf4/rhk_b20_radn_suunnitteluohje.pdf)

Ratahanke Seinäjoki-Oulu. Päivitetty 25.1.2018. Liikennevirasto. Luettu 28.3.2018.  
<https://www.liikennevirasto.fi/skol>

Ratatekniset määräykset ja ohjeet (RAMO) osa 9 Tasoristeykset. 2004. Ratahallintokeskus. Luettu 18.2.2018. [https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf4/rato\\_9\\_tasoristeykset.pdf](https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf4/rato_9_tasoristeykset.pdf)

Ratatekniset määräykset ja ohjeet (RAMO) osa 11 Radan päällysrakenne. 2002. Ratahallintokeskus. Luettu 8.1.2018.  
[https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf4/rato\\_11\\_radn\\_paallysrakenne.pdf](https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf4/rato_11_radn_paallysrakenne.pdf)

Ratatekniset ohjeet (RATO) osa 14 vaihteiden tarkastus ja kunnossapito. 2013. Liikennevirasto. Luettu 2.2.2018. [https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf3/lo\\_2013-07\\_rato14\\_web.pdf](https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf3/lo_2013-07_rato14_web.pdf)

Ratatekniset ohjeet (RATO) osa 3 Radan rakenne. 2016. (Korvattu uudella julkaisulla 26.3.2018). Liikennevirasto. Luettu 16.1.2018.  
[http://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf8/lo\\_2016-06\\_rato3\\_web.pdf](http://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf8/lo_2016-06_rato3_web.pdf)

Ratatekniset piirustusohjeet. 2012. Liikennevirasto. Luettu 26.2.2018.  
[https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf3/lo\\_2012-14\\_ratatekniset\\_piirustusohjeet\\_web.pdf](https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf3/lo_2012-14_ratatekniset_piirustusohjeet_web.pdf)

Rautatietekniset ohjeet (RATO) osa 20 Ympäristö ja rautatiealueet. 2012. Liikennevirasto. Luettu 15.1.2018. [https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf3/lo\\_2012-18\\_rato\\_20\\_web.pdf](https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf3/lo_2012-18_rato_20_web.pdf)

Rekisterien päivitysohje. 2007. Ratahallintokeskus. Luettu 20.2.2018.  
[https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf4/rhk\\_rekisterien\\_paivitysohje.pdf](https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf4/rhk_rekisterien_paivitysohje.pdf)

Ruokanen, S. Konsultti. 2017. Haastattelu 16.10.2017. Haastattelija Niemelä, A. Tampere.

Partiainen, P & Suntio, S. 2017. Digitaalinen luovutusaineisto. Helsinki: Liikennevirasto. Luettu 16.2.2018.  
[https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf8/lts\\_2017-15\\_digitaalinen\\_luovutusaineisto\\_web.pdf](https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf8/lts_2017-15_digitaalinen_luovutusaineisto_web.pdf)

Teiden ja ratojen kuivatuksen suunnittelu. 2013. Liikennevirasto. Luettu 20.1.2018.  
[https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf3/lo\\_2013-05\\_teiden\\_ja\\_ratojen\\_web.pdf](https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf3/lo_2013-05_teiden_ja_ratojen_web.pdf)

Tie- ja ratahankkeiden maastotiedot, Mittausohje. 2011. Liikennevirasto. Luettu 20.1.2018. [https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf3/lo\\_2011-18\\_tie\\_ja\\_ratahankkeiden\\_web.pdf](https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf3/lo_2011-18_tie_ja_ratahankkeiden_web.pdf)

Urakoitsijan laaturaportointi. 2009. Tiehallinto. Luettu 11.2.2018.  
[https://julkaisut.liikennevirasto.fi/thohje/pdf/2200062-v-09-urakoitsijan\\_laaturaportointi.pdf](https://julkaisut.liikennevirasto.fi/thohje/pdf/2200062-v-09-urakoitsijan_laaturaportointi.pdf)

Vanhoja, A. Vanhempi konsultti. 2018. Haastattelu opinnäytetyöhön. Sähköpostiviesti. Auli.vanhoja@vr.fi. Luettu 5.2.2018.

Varimo, L. Työmaapäällikkö, Pohjois-Suomen kunnossapito. 2018. Haastattelu opinnäytetyöhön. Sähköpostiviesti. Lasse.varimo@vr.fi. luettu 26.1.2018.

Viinikka, T. Kartoittaja. 2018. Haastateltu 8.2.2018. Haastattelija Niemelä, A. Tampere.

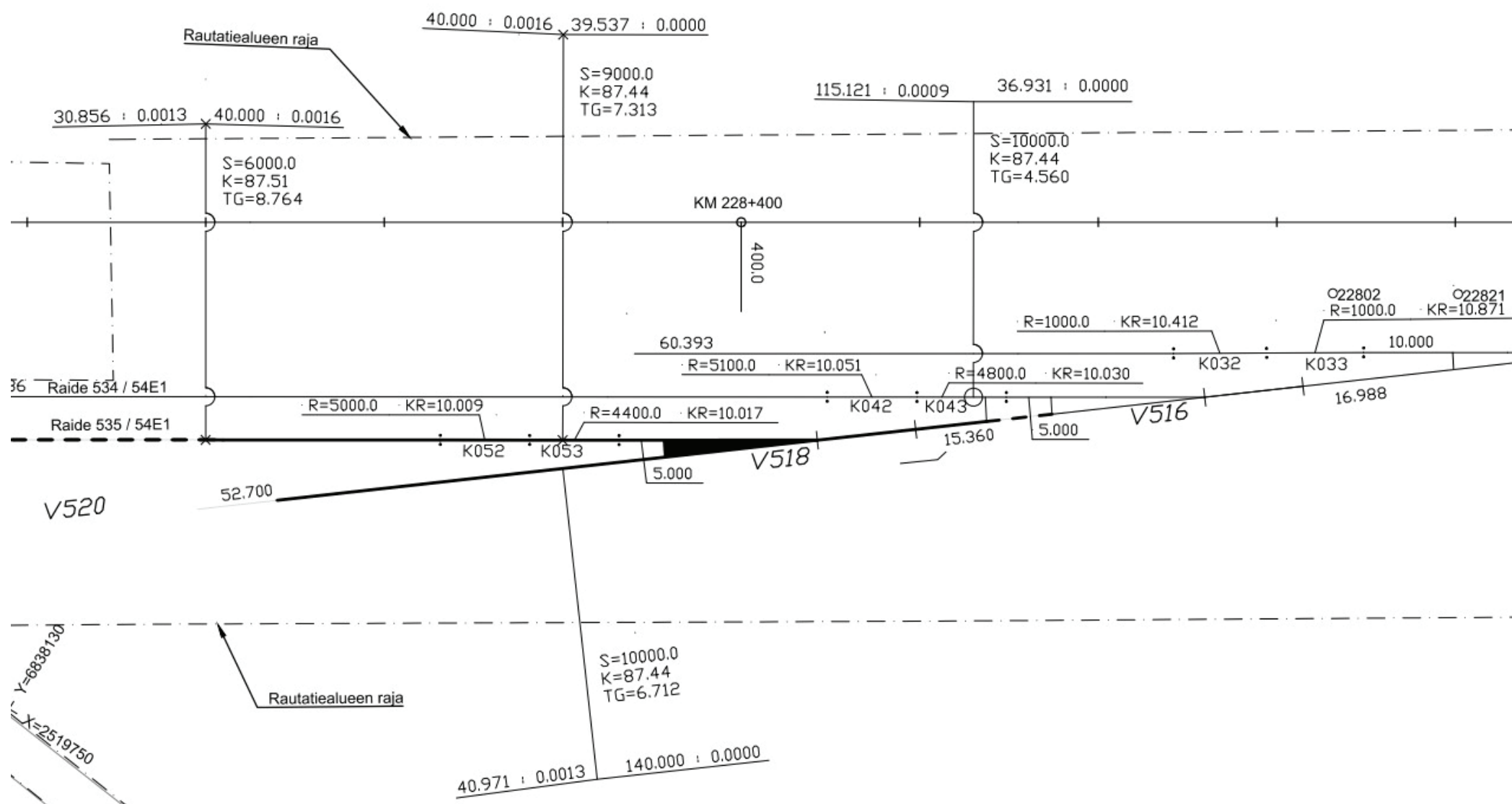
VR Track Oy projektikansiot. 2016–2017. Ei pääsyä ulkopuolisilta.



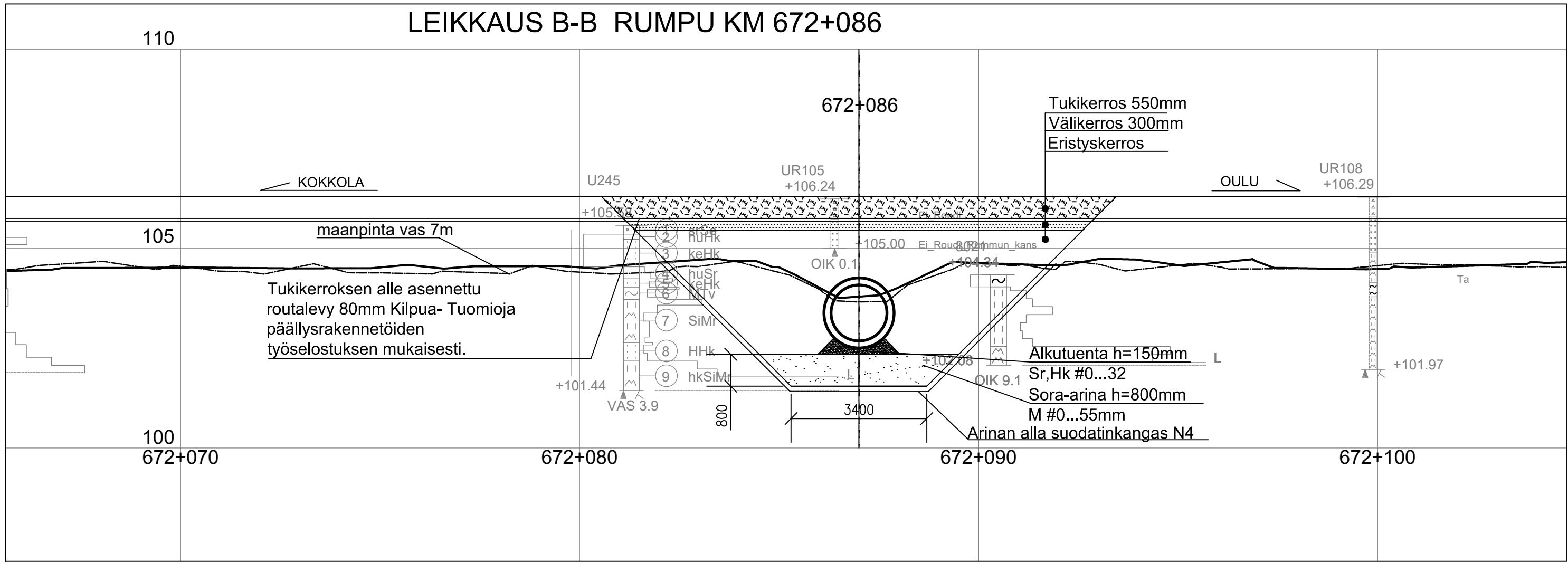
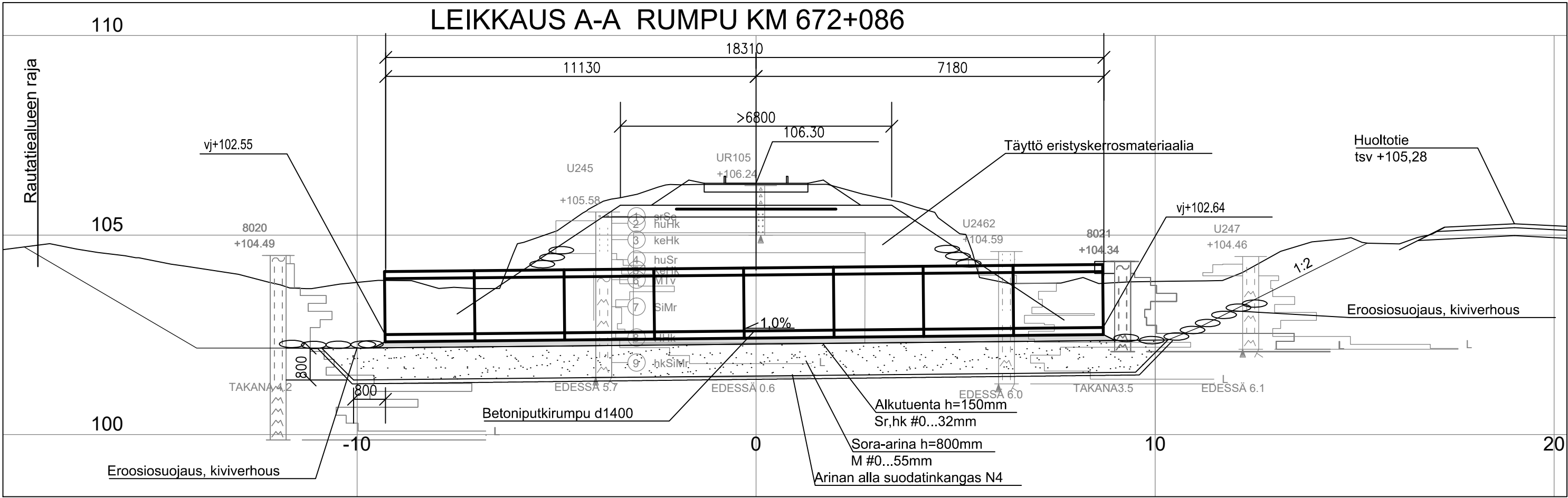
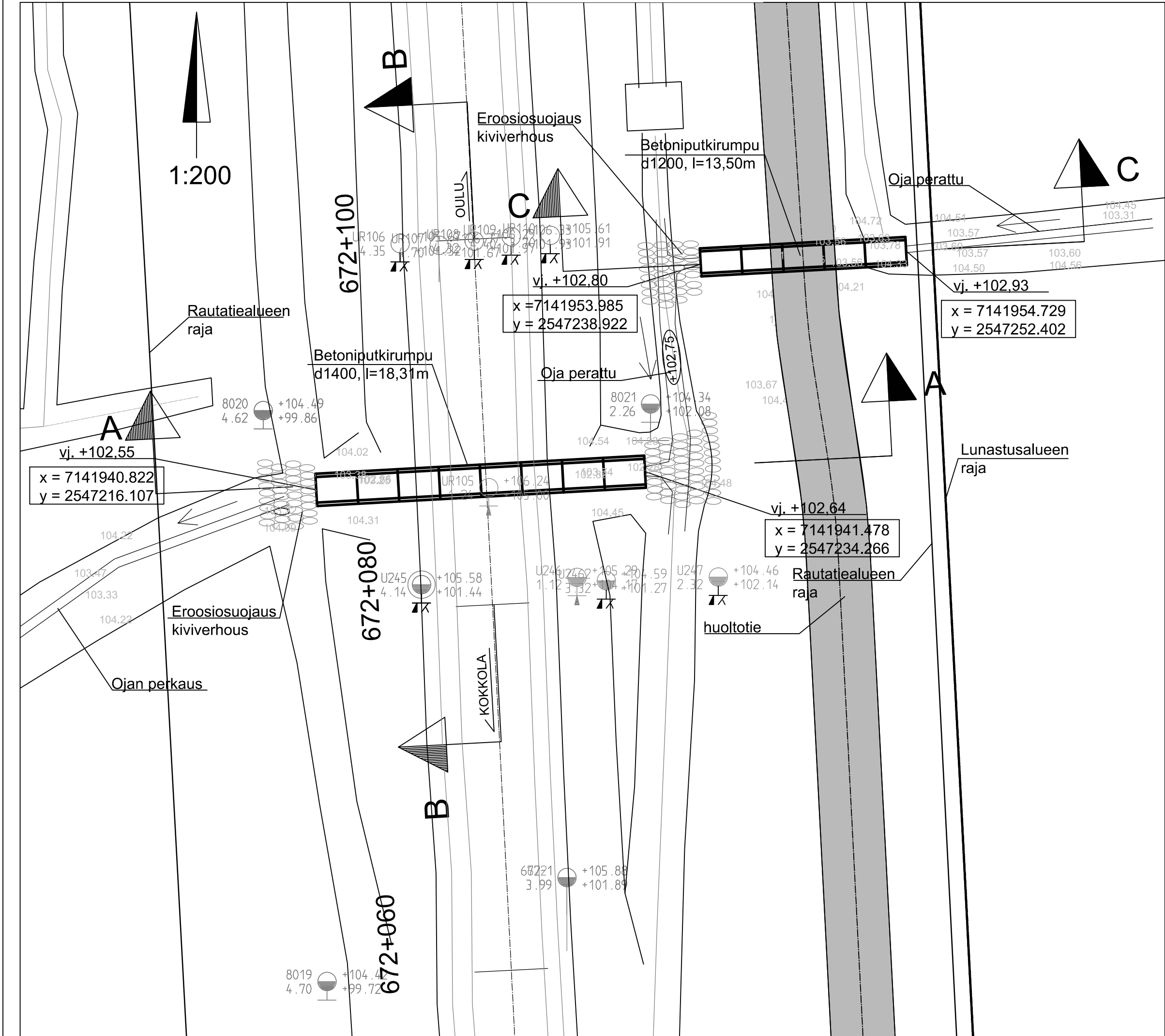


Muut.	Seilyty		Pvm	Tehnyt	Pvm	Hyv.
Tilaaaja			Hanke tai rahoaja			
Toimittaja			Suunnitteluvaihe			
			RAKENTAMISUUNNITELMA			
			Piirustuksen sisältö			
			SUUNNITELMAKARTTA			
			KMLV 669+410 - 670+600			
Piirt.	x		x			
Suunn.	x		x			
Tark.	x		x			
Hyv.	x		x	RATAOSUUS KILPAA-TUOMIOJA		
Tarkastaja			Mittakaava			
			1:2000			
			Koordinaatti- ja korkeusjärj.			
			KKJ2/N60			
			Rataosun nro			
			SK-OL			
Tark.	x		x			
Hyv.	x		x			
LV hyv.						
			Paikka			
			Laji			
			Numero			
			Muit. Lehti			
			Lehtiä			
			3700, 72, 820, A, 2, 48			

## Mittapiirustus

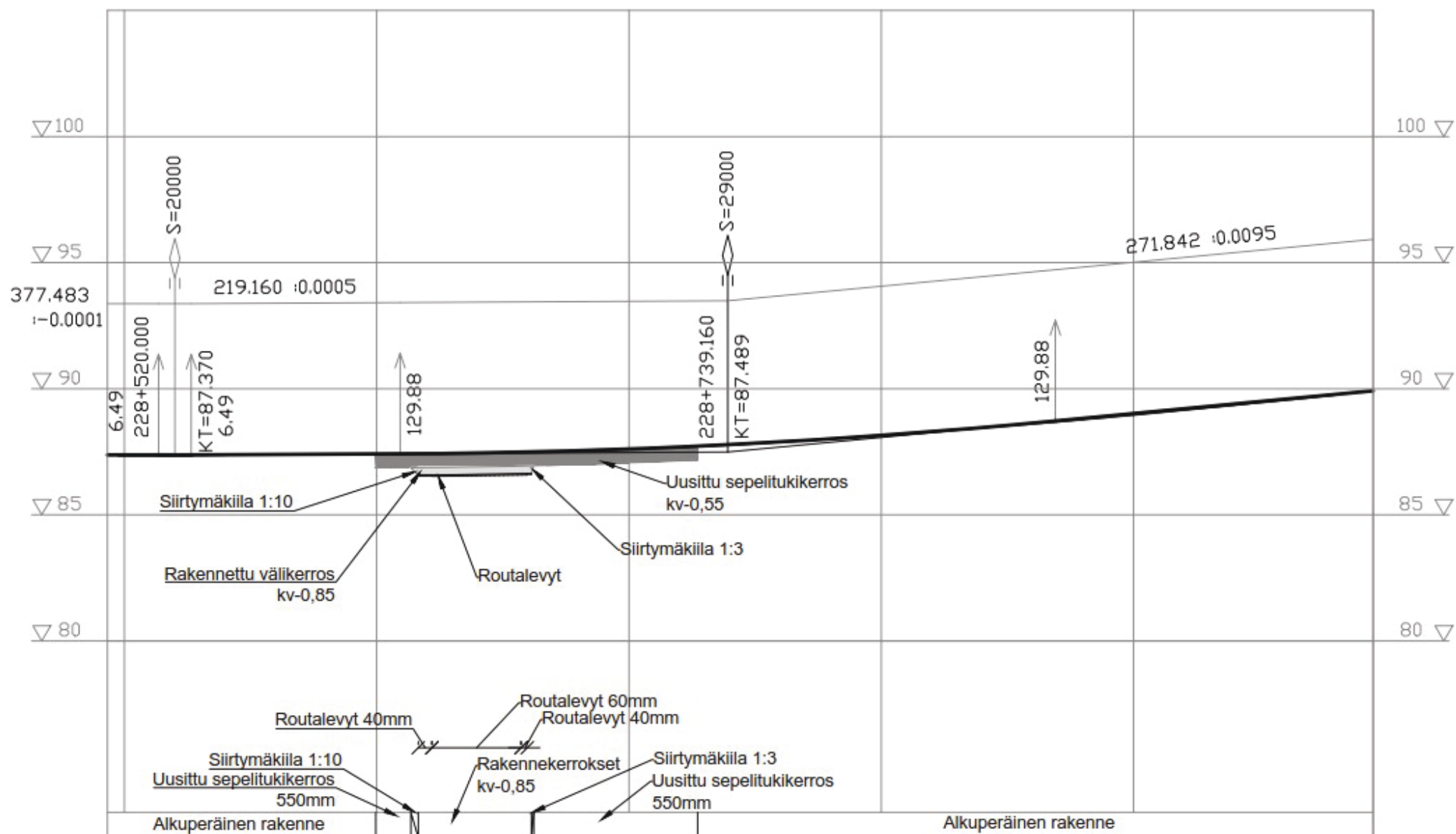




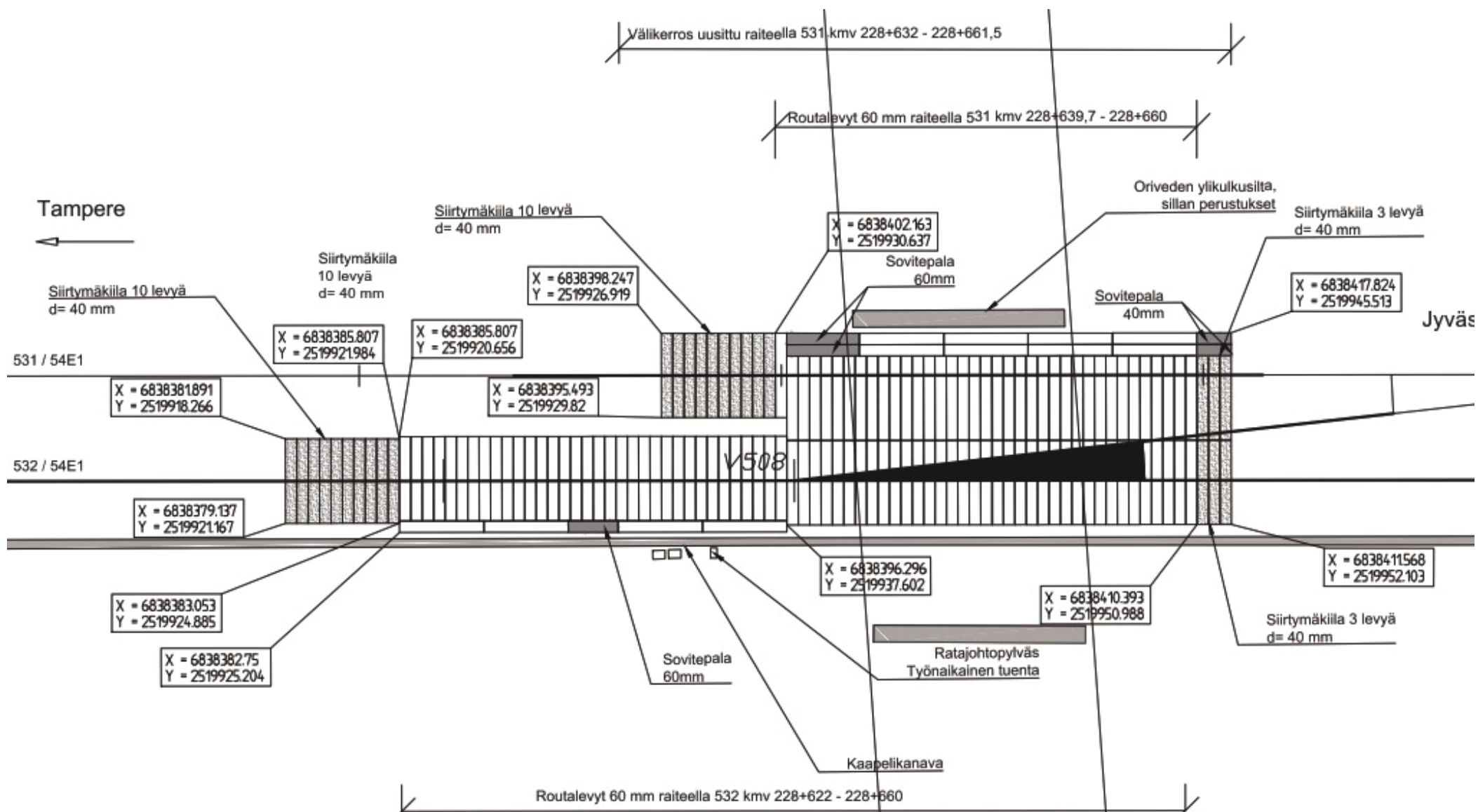


A		pvm	Näin tehty tekijä	hyv. hyväksyjä, yritys				
Muut.	Selitys			Pvm	Tehnyt	Pvm	Hyv.	
Tilaaja				Hanke tai rataosa				
Toimittaja				Suunnitteluvaihe				
				RAKENTAMISSUUNNITELMA				
				Piirustuksen sisältö				
				RUMPUSUUNNITELMAT				
Piirt.	x		x	RATAOSUUS KILPUA-TUOMIOJA				
Suunn.	x		x					
Tark.	x		x					
Hyv.	x		x					
Tarkastaja								
Mittakaava							1:200	
Koordinaatti- ja korkeusjärj.							KKJ2/N60	
Rataosan nro							SK-OL	
Tark.	x		x				Paikka Laji Numero Muut. Lehti Lehtiä	
Hyv.	x		x					
LV hyv.							3700 72 820 A 2 48	

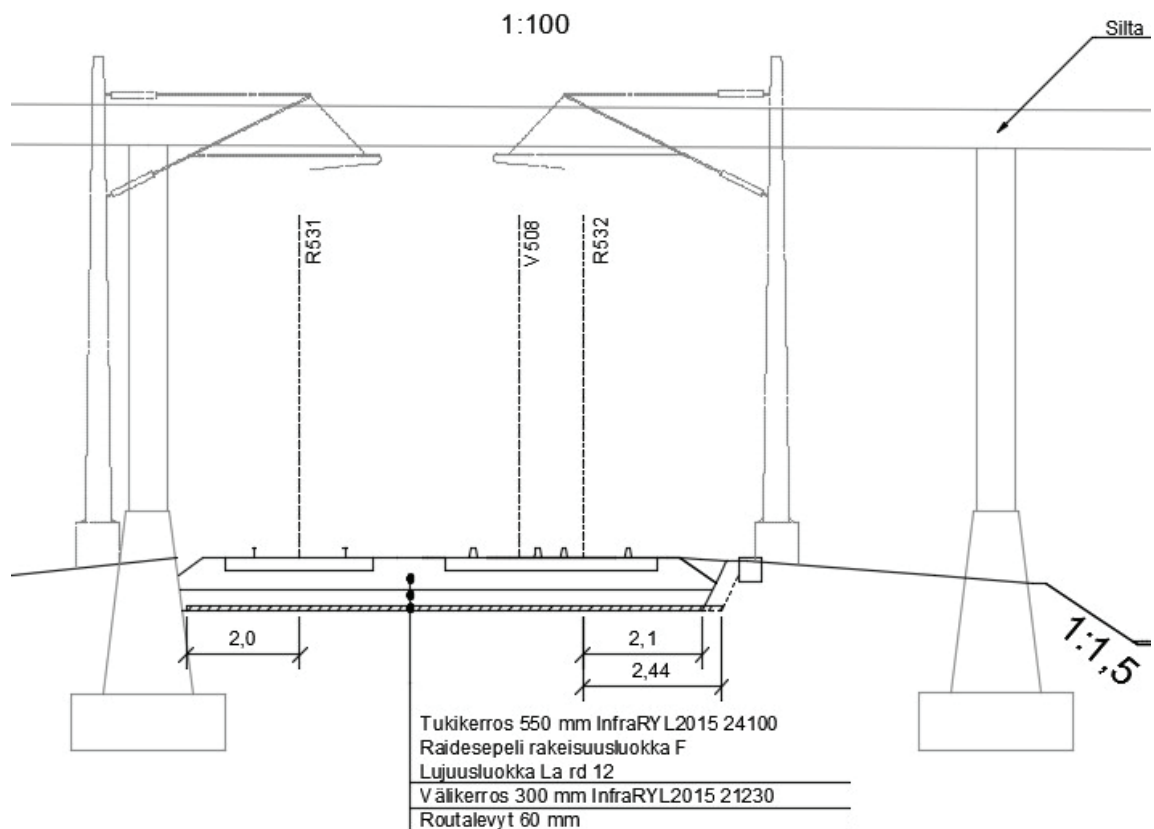
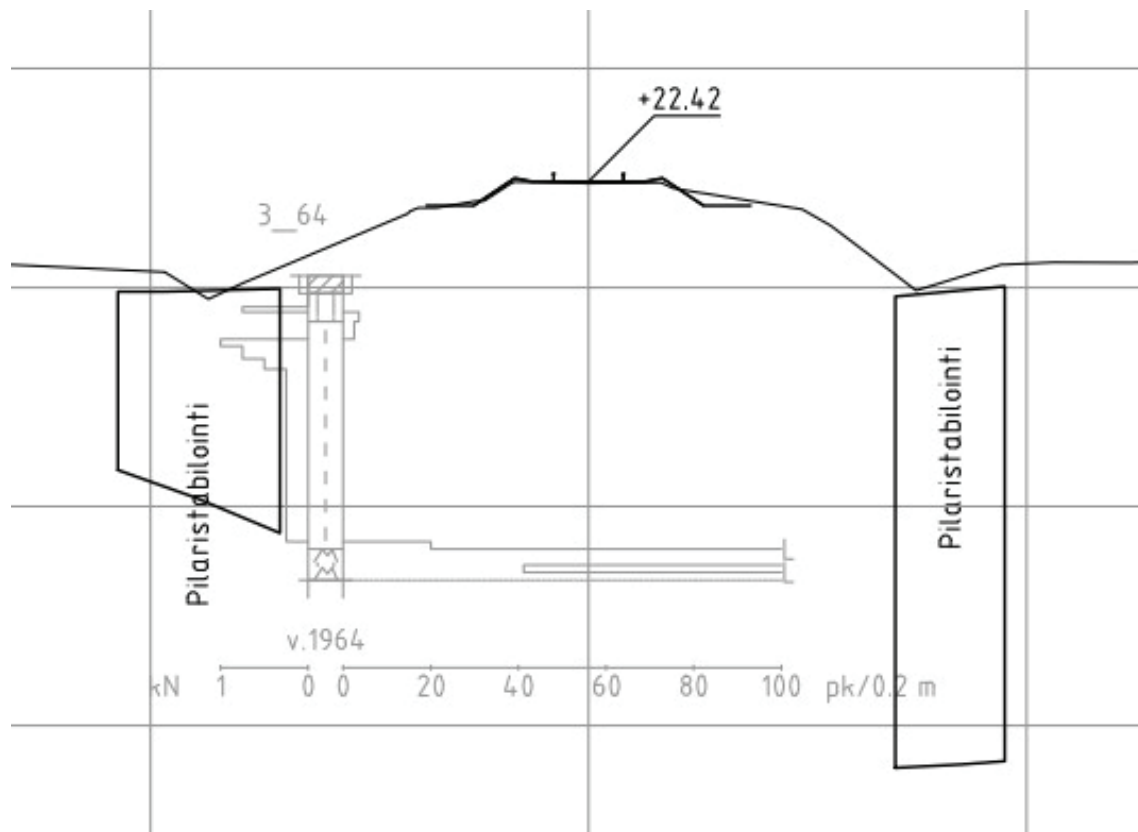
## Pituusleikkaus



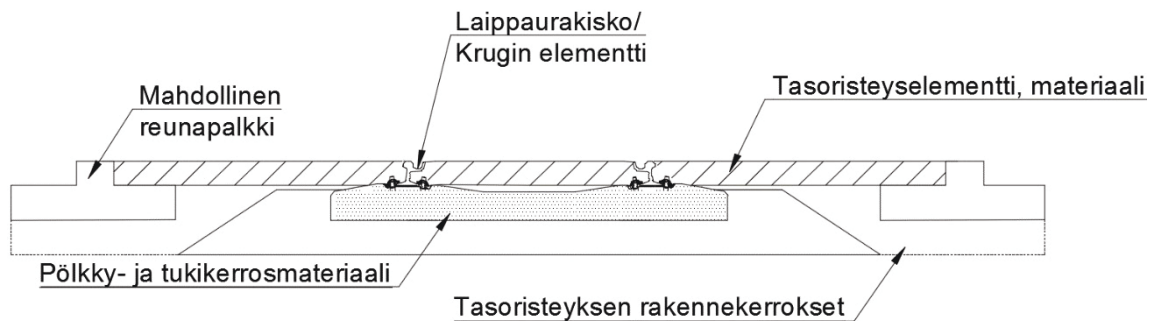
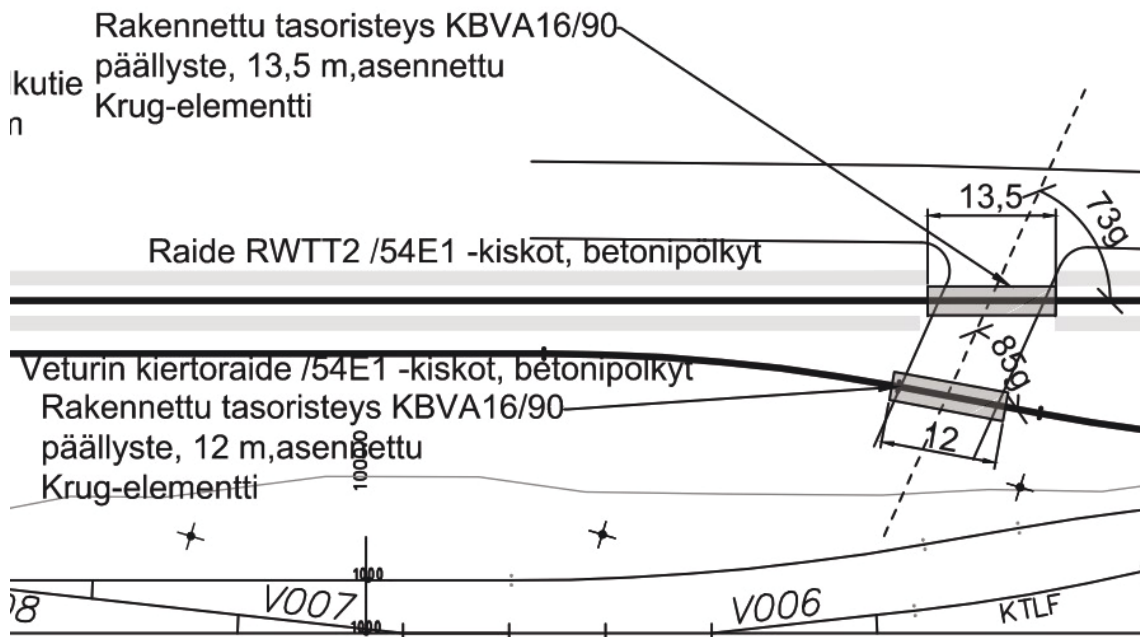
## Routasuojaus



## Poikkileikkaukset



# Tasoristeyssuunnitelmat





# Ryhmähaastattelu

## Mitä haasteita on ollut toteumatiedon käsittelyssä?

- Ei saa jättää vanhoja pisteitä/toteumia aineistoon (Kiviniemi)
- Kunnolliset koodaukset ja viivatunnukset, valokuvat tueksi (Kaihia, Viinikka)
- Yksi ja sama henkilö käsittelee tiedon mahdollisimman pitkälle (Viinikka)
- Tarkepisteelle, toteumapisteelle ja toteumatarkkeelle tarkat määritelmät. Toteumpiste ja tarke voivat mennä sekaisin. Tarke kuvaisi taitorakenteita, toteumatarke tehtyä pintaa. (Kaihia, Kiviniemi)
- InfraBIM koodaus ja livikoodaus voivat aiheuttaa sekaannusta. Lajikoodi ja pintatunnus samalle rakennusosalle aiheuttaa hämminkiä (Kaihia)
- Ohjelmistojen kehitys. Toteumamallin vertaaminen suunnitelmamalliin työlästä (Kiviniemi)

## Millaisia haasteita on ollut toteumatiedon välittämisessä työmaalta suunnittelijalle?

- Tiedon koodaminen maastossa -> yhtenäistäminen, ohjeistus. Yhtenäiset toimintatavat mittamiehille (Kaihia)
- Mitä ja miten mitataan (Kaihia)
- Liian harvaa tietoa. Pisteet liian kaukana toisistaan (Kiviniemi)

## Onko teillä omia, hyväksi havaittuja asioita, joita kannattaisi esittää toteumakuviissa?

- 360 valokuvat ja videot (Viinikka)
- Toteumatiedon vertaaminen suunniteltuun -> esitetään kuvana (Brunnila)
- Kantavuusmittaukset karttakuviin. Merkitään, onko mittaus hyväksytty/hylätty. Värikoodaus (Brunnila)

## Onko raitiotien toteumakuville tai -mallille esitetty vaatimuksia?

- Laaditaan digitaalinen luovutusaineisto, ei tehdä toteumamallia. (Brunnila)



